


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
AREA INTEGRADA



TRABAJO DE GRADUACIÓN
APOYO Y CONTRIBUCIÓN PARA EL DESARROLLO DE LA CAÑA DE AZÚCAR
(*Saccharum officinarum*), LA DEMOCRACIA, ESCUINTLA.

LUIS ALBERTO LIMA VELASQUEZ

GUATEMALA, OCTUBRE 2009

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
AREA INTEGRADA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN
APOYO Y CONTRIBUCIÓN PARA EL DESARROLLO DE LA CAÑA DE AZÚCAR
(*Saccharum officinarum*), LA DEMOCRACIA, ESCUINTLA.**

**PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.**

**POR
LUIS ALBERTO LIMA VELASQUEZ**

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO**

**EN
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO**

GUATEMALA, OCTUBRE 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

LIC. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	MSc. Francisco Javier Vásquez Vásquez
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria
VOCAL TERCERO	MSc. Danilo Ernesto Dardón Ávila
VOCAL CUARTO	P. Forestal Axel Esaú Cuma
VOCAL QUINTO	P. Contador Carlos Alberto Monterroso Gonzáles
SECRETARIO	MSc. Edwin Enrique Cano Morales

GUATEMALA, OCTUBRE 2009

Guatemala, octubre 2009

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de graduación realizado en **el Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla**, como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑADAD A TODOS”

Luis Alberto Lima Velásquez

ACTO QUE DEDICO

A Dios todo poderoso, dador del amor, fuerza y voluntad para conseguir nuestras metas.

A mis Padres Cruz Humberto Lima Orellana y Ena Live Velásquez Rodas, porque gracias a su apoyo y consejo he llegado a realizar la más grande de mis metas. La cual constituye la herencia más valiosa que pudiera recibir.

A mi tía Paulina Velásquez Castellanos por su sacrificio y esfuerzo y quiero decirle que este logro también es de ustedes y que la fuerza que me ayudo a conseguirlo fue su apoyo.

A mis hermanas Victoria Soledad Lima Velásquez y Maricruz Lima Velásquez por su apoyo brindado.

A mis sobrinos André Isaac Herrera Lima y Jonathan Isaí Herrera Lima quienes con su ternura me inspiran Fe y Esperanza.

A mi abuelo Inocente Velásquez, mi tío Rudy Velásquez y familia, tío Roberto Velásquez y familia.

A mi primo Marco Hip Velásquez y familia, mi prima Karina Velásquez Pérez por motivarme a seguir adelante.

A toda la familia en general y a la familia Estrada Vanegas, por el amor, respeto y apoyo recibido.

A mis compañeros y amigos: Luis Saenz, Ronald Gutiérrez, Antonio Días, Joaquín Tayun y al equipo de Agronomía, gracias por sus consejos en los momentos de crisis.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A:

DIOS

MI PATRIA GUATEMALA

LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor Ing. Agr. Anibal Sacbaja y supervisor Ing. Agr. Adalberto Rodríguez por sus acertadas correcciones y el tiempo dedicado, ya que sin su ayuda no hubiese podido culminar exitosamente el trabajo de graduación.

Al jefe del Departamento de Investigación Agrícola de Ingenio Magdalena, Ing. Agr. Edgar Solares, por haberme permitido realizar la investigación conjuntamente con las actividades de EPS y brindarme su confianza y apoyo durante mi Ejercicio Profesional Supervisado.

Al Ing. Agr. Rafael Barrios, Gregorio Ramos y todo el personal del área de suelos y fertilidad, por sus conocimientos y experiencias compartidas.

Al Dr. Marco Tulio Polanco, Ing. Agr. Gerardo Espinosa, Ing. Agr. Juan José Asensio, Ing. Rolando Aragon, Vinicio Guillen, Diana Esquivel, Mirza Palma, Don Juan Flores, Byron López, por su amistad y colaboración y a todas las personas que de una u otra forma colaboraron para que este trabajo se llevará a cabo.

Al Laboratorio Agronómico del Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar de Guatemala CENGICANÁ, por el apoyo brindado.

A mis catedráticos, el Ing. Waldemar Nufio, Lic. Pedro Celestino, Ing. Willy Quintana, Ing. Walter Reyes, Dr. David Monterrozo, Ing. Hermogenes Castillo, Ing. Amilcar Sánchez, Ing. Myrna Ayala, Ing. Gustavo Méndez, que con sus enseñanzas me dieron las bases para ser un profesional exitoso.

INDICE GENERAL

CONTENIDO	PAGINA
INDICE DE FIGURAS	v
INDICE DE CUADROS	vii
RESUMEN GENERAL	xi
 CAPITULO I. DIAGNÒSTICO	 1
1.1 PRESENTACIÓN	3
1.2 MARCO REFERENCIAL	4
1.2.1 Descripción de la finca Santa Rita	4
1.2.2 Cultivo de caña de azúcar	4
1.2.3 Descripción del proceso productivo de la caña de azúcar	5
1.2.3.1 Descripción del proceso en campo	5
A. Preparación del terreno y semilla	5
B. Mantenimiento del cultivo	8
C. Descripción del proceso en Cosecha	12
D. Descripción del proceso en Fábrica	15
1.3 OBJETIVOS	18
1.3.1 Objetivo General	18
1.3.2 Objetivos Específicos	18
1.4 METODOLOGÍA Y RECURSOS	19
1.4.1 Metodología	19
1.4.2 Recursos	19
1.4.3 Análisis de la información	19
1.5 RESULTADOS	20
1.5.1 Costo del abono	20
1.5.2 Bajos rendimientos de caña y azúcar	20
1.5.3 Plagas y Enfermedades	22
1.5.3.1 Plagas	22
1.5.3.2 Enfermedades	23
1.5.4 Malezas	24
1.5.5 Matriz de Priorización de problemas y Jerarquizar problemas	26
1.5.6 Jerarquización de los problemas encontrados en la finca Santa Rita, La Democracia, Escuintla	26
1.6 CONCLUSIONES	27
1.7 RECOMENDACIONES	27
1.8 BIBLIOGRAFIA	27
1.9 ANEXOS	29
1.9.1 Anexo 1.1: Mapa general de la finca Santa Rita, La Democracia, Escuintla	30
1.9.2 Anexo 1.2: Determinación del valor de importancia en una comunidad vegetal.	31

CAPITULO II. INVESTIGACIÓN	33
2.1 PRESENTACIÓN.....	35
2.2 MARCO TEORICO	36
2.2.1 MARCO CONCEPTUAL.....	36
2.2.1.1 Importancia económica de la caña de azúcar.....	36
2.2.1.2 Orígenes de la caña de azúcar.....	36
2.2.1.3 Ecología del cultivo.....	37
2.2.1.4 Dinámica del nitrógeno en el suelo.....	37
2.2.1.5 Ganancias de nitrógeno por el suelo.....	38
2.2.1.6 Transformaciones del nitrógeno en el suelo.....	38
2.2.1.7 Perdidas de nitrógeno en el suelo.....	38
2.2.1.8 Nitrógeno en el suelo.....	39
2.2.1.9 Nitrógeno en la planta.....	40
2.2.1.10 Funciones del nitrógeno en la planta.....	41
2.2.1.11 Fertilizantes nitrogenados.....	42
A. Urea.....	42
B. Sulfato de amonio.....	42
C. Nitrato de amonio.....	43
2.2.1.12 Fertilizantes orgánicos como fuente de nitrógeno.....	43
A. Gallinaza.....	43
B. Estiércol animal.....	44
2.2.1.13 Dosis de nitrógeno para la zona cañera de Guatemala en base a los contenidos de materia orgánica.	44
2.2.2 MARCO REFERENCIAL	46
2.2.2.1 Descripción del sitio experimental.....	46
2.2.2.2 Características generales de la variedad CP88-1165	47
2.2.2.3 Fertilizante nitrogenado (urea).....	47
2.2.2.4 Fertilizante orgánico (gallinaza).....	47
2.2.2.5 Trabajos realizados sobre fertilización en caña de azúcar	48
2.2.2.6 Trabajos realizados utilizando gallinaza como fertilizante orgánico.....	48
2.3 OBJETIVOS.....	50
2.3.1 OBJETIVO GENERAL	50
2.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	50
2.4 HIPOTESIS.....	50
2.5 METODOLOGIA.....	51
2.5.1 Tratamientos evaluados.....	51
2.5.2 Diseño experimental.....	51
2.5.3 Tamaño de la unidad experimental.....	51
2.5.4 Variables de respuesta	52
2.5.5 Descripción de las variables de respuesta	52
2.5.5.1 Rendimiento de caña ($Tm \cdot ha^{-1}$).....	52
2.5.5.2 Rendimientos de azúcar ($kg \cdot Tm^{-1}$).....	52
2.5.5.3 Concentración de N, P, K en la primera hoja de cuello visible.	53
2.5.6 Manejo del experimento.....	54
2.5.6.1 Fertilización.....	54

2.5.6.2	Aplicación de riego	54
2.5.6.3	Control de malezas.....	54
2.5.6.4	Cosecha	55
2.5.7	Análisis de la información.....	55
2.5.7.1	Modelo estadístico.....	55
2.5.7.2	Análisis económico de la aplicación de urea y gallinaza.....	55
2.6	RESULTADOS	56
2.6.1	Rendimiento de caña ($Tm.ha^{-1}$).....	56
2.6.2	Rendimiento de Azúcar ($kg.Tm^{-1}$).....	59
2.6.3	Concentración de N, P, K en la hoja TVD (primera hoja de cuello visible).....	60
2.6.4	Análisis económico.....	61
2.7	CONCLUSIONES	65
2.8	RECOMENDACIONES.....	65
2.9	BIBLIOGRAFÍAS.....	66
2.10	ANEXOS	69
2.10.1	Anexo 2.1: Croquis de campo del ensayo niveles gallinaza y urea como fuente de nitrógeno, finca Polonia y los Cuadros del 15A–19A.....	70
2.10.2	Anexo 2.2: Pasos para la elaboración de presupuestos parciales.....	72
2.10.3	Anexo 2.3: Método para el estimado de caña producida en campo previo a la iniciación de zafra.	74
CAPITULO III. SERVICIOS.....		77
3.1.1	PRESENTACIÓN.....	79
3.1.2	MARCO TEÓRICO	80
3.1.3	MARCO CONCEPTUAL.....	80
3.1.3.1	La Floración en caña de azúcar	80
3.1.3.2	Etapas de la floración.....	80
3.1.3.3	Factores que intervienen en la floración de la caña de azúcar	81
3.1.3.4	Fotoperiodo.....	82
3.1.3.5	Temperatura	82
3.1.3.6	Humedad del suelo.....	83
3.1.3.7	Efectos de la floración en caña de azúcar	83
3.1.4	MARCO REFERENCIAL	85
3.1.4.1	Localización y descripción del área experimental.....	85
3.1.4.2	Ácido-2-cloroetil-fosfónico	85
3.1.5	OBJETIVOS.....	87
3.1.5.1	OBJETIVO GENERAL	87
3.1.5.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	87
3.1.6	METODOLOGÍA	88
3.1.6.1	Ensayo de inhibidores de floración	88
3.1.6.2	Diseño Experimental	88
3.1.6.3	Manejo del experimento	89
3.1.6.4	Aplicación de Ethephon	89
3.1.6.5	Cosecha	90

3.1.6.6	Variables de respuesta	90
A.	Floración (%).....	90
B.	Crecimiento de tallo (longitud y diámetro)	90
C.	Corcho	91
D.	Brotes laterales.....	91
E.	Toneladas de caña por hectárea ($Tm.ha^{-1}$)	91
F.	Libras de azúcar por tonelada de caña	91
3.1.6.7	Medición de variables climáticas	91
3.1.6.8	Análisis de la Información.....	92
3.1.7	RESULTADOS	92
3.1.7.1	Porcentaje de floración	92
3.1.7.2	Altura de caña.....	96
3.1.7.3	Diámetro de caña.....	97
3.1.7.4	Porcentaje de corcho.....	98
3.1.7.5	Número de brotes laterales por caña (lals)	99
3.1.7.6	Toneladas de caña por hectárea ($Tm.ha^{-1}$)	100
3.1.7.7	Libras de azúcar por tonelada de caña	101
3.1.8	CONCLUSIONES	103
3.1.9	RECOMENDACIONES	103
3.2	SERVICIOS NO PLANIFICADOS	104
3.3	BIBLIOGRAFIA.....	104
3.4	ANEXOS.....	106

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
Figura 1.	Histórico de precios de diferentes fuentes nitrogenadas (1960 – 2006). 20
Figura 2A.	Mapa general de la Finca Santa Rita. 30
Figura 3.	Adiciones, reservas y pérdidas de nitrógeno en el suelo. 39
Figura 4.	Rendimientos de caña de azúcar ($Tm. ha^{-1}$), ensayo niveles de gallinaza y urea. 57
Figura 5.	Rendimientos de azúcar ($Tm.ha^{-1}$), ensayo niveles de gallinaza y urea. 60
Figura 6.	Análisis de beneficios netos para los tratamientos evaluados, precios del 2009. 63
Figura 7.	Análisis de beneficios netos para los tratamientos evaluados, precios del 2008. 64
Figura 8A.	Croquis de campo del ensayo niveles gallinaza y urea como fuente de nitrógeno, finca Polonia. 70
Figura 9.	Porcentaje de floración por tratamiento (dosis) en finca Miraflores, muestreo realizado en enero del 2009. 93
Figura 10.	Porcentaje de floración por tratamiento (dosis) en finca Miraflores, muestreo realizado en enero del 2009. 94
Figura 11.	Porcentaje de floración por tratamiento (dosis) en finca Miraflores, muestreo realizado el 07/01/09. 95
Figura 12.	Altura promedio de caña de azúcar por tratamiento (dosis), muestreo realizado en enero de 2009, en finca Miraflores. 96
Figura 13.	Diámetro promedio de cañas por tratamiento (dosis), realizado en enero de 2009, en finca Miraflores. 98
Figura 14.	Porcentaje de corcho por caña de azúcar, muestreo realizado en enero de 2009, en finca Miraflores. 99
Figura 15.	Número de lalas por cañas de azúcar, muestreo realizado en enero del 2009, en finca Miraflores. 100
Figura 16.	Toneladas de caña por hectárea del ensayo épocas de aplicación y dosis de Ethephon, finca Miraflores, La Democracia. 101
Figura 17.	Libras de azúcar por tonelada métrica de caña, ensayo épocas de aplicación y dosis de Ethephon, finca Miraflores, La Democracia. 102
Figura 18A.	Comportamiento de las temperaturas mínima, promedio y máxima, registro semanal para el año 2,008. Departamento de Investigación Agrícola. 113
Figura 19A.	Comportamiento semanal de la precipitación pluvial (mm), registro semanal para el año 2,008. Departamento de Investigación Agrícola. 114
Figura 20A.	Comportamiento del brillo solar, registro semanal para el año 2,008. Departamento de Investigación Agrícola. 114
Figura 21A.	Croquis del ensayo, dosis y épocas de aplicación de Ethephon en la variedad de caña de azúcar CP 88-1165 en finca Miraflores. 115

INDICE DE CUADROS

CUADRO	..	PAGINA
Cuadro 1.	Análisis químico de suelos de la finca Santa Rita, La Democracia, Escuintla, Guatemala.2007	4
Cuadro 2.	Plagas de importancia económica en el cultivo de caña de azúcar en Guatemala.	10
Cuadro 3.	Producción y rendimientos de caña y azúcar desde la zafra 2002 hasta la 2007 de la finca Santa Rita.	21
Cuadro 4.	Dosis de matarrata aplicadas para el control de roedores en la finca Santa Rita según el número de ratas encontradas por hectárea.	22
Cuadro 5.	Dosis de <i>M. anisopliae</i> y Jade para el control de la plaga chinche salivosa, en la finca Santa Rita, según el número de ninfas encontradas por tallo y adultos por trampa.	23
Cuadro 6.	Enfermedades de importancia económica en el cultivo de caña de azúcar en Guatemala.	24
Cuadro 7.	Especies de malezas presentes en el área de estudio, finca Santa Rita.	25
Cuadro 8.	Matriz de priorización de los problemas encontrados en la finca Santa Rita.	26
Cuadro 9.	Priorización de los problemas encontrados en la finca Santa Rita, La Democracia, Escuintla.	26
Cuadro 10.	Recomendaciones de nitrógeno (Kg N.ha^{-1}) para los suelos derivados de ceniza volcánica de Guatemala.	45
Cuadro 11.	Análisis químico de suelos de la finca Polonia, La Democracia, Escuintla, Guatemala.2008.	47
Cuadro 12.	Resultados del análisis químico de la gallinaza procesada usada en el experimento.	48
Cuadro 13.	Tratamientos evaluados en el experimento, niveles de gallinaza y urea en caña de azúcar a nivel de soca en finca Polonia.	51
Cuadro 14.	Niveles de gallinaza y urea aplicados por unidad experimental, en la finca Polonia.	54
Cuadro 15.	Comparación de los rendimientos de caña de azúcar obtenidos por el método de estimados y de producción real.	56
Cuadro 16.	Análisis de varianza para el rendimiento de caña de azúcar (Tm.ha^{-1}).....	57
Cuadro 17.	Precipitación pluvial (mm.día^{-1}), después de haber realizado el experimento en finca Polonia. 2008.	58
Cuadro 18.	Rendimientos medios de caña (Tm.ha^{-1}) de las dos fuentes de nitrógeno evaluadas.	58
Cuadro 19.	Rendimientos medios de azúcar (kg.Tm^{-1} y Tm.ha^{-1}), ensayo niveles de gallinaza y urea.	59
Cuadro 20.	Análisis de varianza para el rendimiento de azúcar (Kg.Tm^{-1}).	60
Cuadro 21.	Concentración de nitrógeno en la hoja, por efecto de la aplicación de gallinaza y urea.	61
Cuadro 22.	Análisis de dominancia para tratamientos evaluados en el ensayo, niveles de gallinaza y urea, con los precios del año 2009.	62

Cuadro 23.	Análisis de dominancia para tratamientos evaluados en el ensayo, niveles de gallinaza y urea, con los precios del año 2008.....	64
Cuadro 24A.	Análisis de varianza para la concentración de N en la hoja TVD (primera hoja de cuello visible) de la caña de azúcar.....	70
Cuadro 25A.	Análisis de varianza para la concentración de P en la hoja TVD (primera hoja de cuello visible) de la caña de azúcar.....	70
Cuadro 26A.	Análisis de varianza para la concentración de K en la hoja TVD (primera hoja de cuello visible) de la caña de azúcar.....	71
Cuadro 27A.	Resultados de análisis foliar, ensayo niveles de gallinaza y urea como fuente de nitrógeno.....	71
Cuadro 28A.	Precio de la libra de azúcar cruda (centavos de dólar.libra ⁻¹) para el año 2008 - 2009.	72
Cuadro 29.	Análisis químico de suelos de la finca Miraflores, La Democracia, Escuintla, Guatemala.2008	85
Cuadro 30.	Combinación de factores (Ep x D) evaluados en el ensayo respuesta de la variedad CG-881165 a diferentes dosis y épocas de aplicación de ethephon en caña de azúcar.	89
Cuadro 31A.	Evaluación de épocas de aplicación y diferentes dosis de Ethephon en la variedad CP 88-1165, finca Miraflores. Porcentaje de floración de caña de azúcar (<i>Saccharum</i> spp.), muestreo realizado en enero del 2009.	107
Cuadro 32A.	ANDEVA, transformación arcoseno, sobre la variable porcentaje de flor en caña, ensayo aplicación de Ethephon para la inhibición de flor en caña de azúcar.	107
Cuadro 33A.	Prueba de tukey al 0.05 para la variable porcentaje de floración en las épocas de aplicación.....	107
Cuadro 34A.	Prueba de tukey al 0.05 para la variable porcentaje de floración en las dosis de aplicación.	108
Cuadro 35A.	Evaluación de épocas de aplicación y diferentes dosis de Ethephon en la variedad CP 88-1165, finca Miraflores. Altura (mts) de caña de azúcar (<i>Saccharum</i> spp.). Muestreo realizado en enero del 2009, tomando 5 tallos con y 5 tallos sin flor.....	108
Cuadro 36A.	ANDEVA para la variable altura de caña con flor, ensayo aplicación de Ethephon para inhibición de flor en caña de azúcar.	108
Cuadro 37A.	ANDEVA para la variable altura de caña sin flor, ensayo aplicación de Ethephon para inhibición de flor en caña de azúcar.....	109
Cuadro 38A.	Evaluación de épocas de aplicación y diferentes dosis de Ethephon en la variedad CP 88-1165, finca Miraflores. Diámetro (cms) de caña de azúcar (<i>Saccharum</i> spp.). Muestreo realizado en enero del 2009, tomando 5 tallos con y 5 tallos sin flor.	109
Cuadro 39A.	ANDEVA para la variable diámetro de caña con flor, ensayo aplicación de Ethephon para inhibición de flor en caña de azúcar.	109
Cuadro 40A.	ANDEVA para la variable diámetro de caña sin flor, ensayo aplicación de Ethephon para inhibición de flor en caña de azúcar.	110
Cuadro 41A.	Prueba de tukey al 0.05 para la variable diámetro de caña, en las épocas de aplicación.....	110

Cuadro 42A. Evaluación de épocas de aplicación y diferentes dosis de Ethephon en la variedad comercial CP 88-1165, finca Miraflores. Porcentaje de corcho por caña con flor y sin flor. Muestreo realizado en enero del 2009, tomando 5 tallos con y 5 tallos sin flor.	110
Cuadro 43A. ANDEVA, transformación arcoseno, para la variable porcentaje de corcho de caña con flor, ensayo aplicación de Ethephon para inhibición de flor en caña de azúcar.	111
Cuadro 44A. ANDEVA, transformación arcoseno, para la variable porcentaje de corcho de caña sin flor, ensayo aplicación de Ethephon para inhibición de flor en caña de azúcar.	111
Cuadro 45A. Evaluación de épocas de aplicación y diferentes dosis de Ethephon en la variedad CP 88-1165, finca Miraflores. Número de lalas por cañas muestreadas con y sin flor. Muestreo realizado enero del 2009, tomando 5 tallos con flor y 5 tallos sin flor.	111
Cuadro 46A. ANDEVA transformación $\sqrt{(x+3/8)}$, para la variable número promedio de brotes laterales (lalas) de caña con flor, ensayo aplicación de Ethephon para inhibición de flor en caña de azúcar.	112
Cuadro 47A. ANDEVA transformación $\sqrt{(x+3/8)}$, para la variable número de brotes laterales (lalas) de caña sin flor, ensayo aplicación de Ethephon para inhibición de flor en caña de azúcar.	112
Cuadro 48A. ANDEVA para la variable toneladas métricas de caña por hectárea ($Tm.ha^{-1}$), ensayo aplicación de Ethephon para inhibición de flor en caña de azúcar.	112
Cuadro 49A. ANDEVA para la variable libras de azúcar por tonelada métrica de caña, ensayo aplicación de Ethephon para inhibición de flor en caña de azúcar.	113

RESUMEN GENERAL

El presente informe contiene el diagnóstico, investigación y servicios prestados, en la realización del programa del Ejercicio Profesional Supervisado –EPSA- realizado en el Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio Magdalena S.A. (IMSA.), empresa que apoyó con recursos y con participación directa de su personal en la realización de este programa.

El diagnóstico se realizó en los meses de marzo y abril del año 2008, enfocado en la problemática existente en el manejo agronómico del cultivo de caña de azúcar, en finca Santa Rita, ubicada en la Democracia, Escuintla. El objetivo fue conocer los principales problemas que afectan el rendimiento del cultivo en la finca Santa Rita.

Se logró determinar que el problema que tuvo mayor relevancia fue el costo del abono, principalmente los nitrogenados, estos en los años ha incrementado su precio (mas del 100%), esto preocupa, por lo que se pretende buscar otras fuentes de nutrimentos, siendo una de estas el uso de fertilizantes orgánicos que pueden ser de más bajo costo.

La investigación surge de lo determinado en el diagnóstico, ante la necesidad de buscar otras alternativas para la fertilización, debido a la escalada de precios de los fertilizantes inorgánicos, principalmente los nitrogenados, lo que hace que los costos de producción para este cultivo sea muy elevado.

La investigación se realizó en la finca Polonia ubicada en la Democracia, Escuintla. El objetivo fue evaluar diferentes niveles de gallinaza y urea (Kg.ha^{-1}) para determinar el nivel que mostrará los más altos rendimientos de caña y azúcar. Los tratamientos evaluados fueron: tres niveles de gallinaza (1653, 3306 y 4959 Kg.ha^{-1}), tres niveles de urea (109, 217 y 326 Kg.ha^{-1}) como fuente de nitrógeno, y se adicionaron dos tratamientos que consistieron en un testigo relativo (combinación de gallinaza (1322 Kg.ha^{-1}) y urea (130 Kg.ha^{-1})) y un testigo absoluto (0 Kg.ha^{-1}) en el cual no se aplicó ningún tipo de fertilizante. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar de ocho tratamientos y seis repeticiones.

Las variables evaluadas fueron rendimientos de caña expresada en Tm.ha^{-1} , rendimientos de azúcar (Kg.Tm^{-1}), concentración de N-P-K en la primera hoja de cuello visible.

Los resultados obtenidos indican que para el rendimiento de caña (Tm.ha^{-1}) y azúcar (Kg.ha^{-1}), estadísticamente no se encontró significancia al 0.05, entre los tratamientos evaluados. El mismo comportamiento se obtuvo para la variable rendimiento de azúcar y concentración de N; P, K en la primera hoja. En el aspecto económico, debido a las condiciones edáficas del lugar donde se llevó a cabo el experimento, el tratamiento 1 (0 kg.ha^{-1}) fue el mejor con un beneficio neto de Q.30,568.79/ha, seguido del tratamiento 2 ($1,653 \text{ kg/ha}$ de gallinaza) con un beneficio neto de Q.29,820.89/ha.

Se concluyó que bajo las condiciones climáticas y edáficas donde se realizó la investigación, no se encontró respuesta a las aplicaciones de gallinaza y urea como fuentes de N sobre el rendimiento de caña, azúcar y concentración de N, P, K en la primera hoja.

Finalmente el servicio prestado al departamento fue apoyarlos en montar una diversidad de ensayos y darles seguimiento hasta el momento de la cosecha, el servicio que se detalla en este documento es la respuesta de la variedad comercial CP- 881165 de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) a diferentes dosis y épocas de aplicación del inhibidor de floración (ácido 2-cloroetilo fosfónico).

Este servicio inicio en mayo del 2008 y finalizó en abril del 2009 y se realizó en la finca Miraflores, esta se encuentra en la Democracia, Escuintla. Los tratamientos para determinar el efecto del producto para inhibir la floración fueron 3 dosis con un testigo control y cuatro épocas de aplicación.

Se empleó un diseño experimental de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas con cuatro tratamientos y 4 repeticiones, siendo las variables de respuesta: porcentaje de floración, altura, diámetro, número de lalas.caña⁻¹, porcentaje de corcho, Tm.ha^{-1} de caña y libras de azúcar por tonelada métrica de caña.

Entre los principales resultados, se encontró que la dosis de 1.5 lt.ha^{-1} fue la que obtuvo menor porcentaje de floración y que se debe de aplicar en la última semana de agosto (28/08/08). Las épocas de aplicación de Ethephon a intervalo de una semana en el mes de agosto y las tres dosis evaluadas con el testigo, no manifestaron tener efecto positivo en el rendimiento en libras de azúcar por tonelada métrica de caña, producción de caña en Tm.ha^{-1} y crecimiento vegetativo de tallos.

CAPITULO I. DIAGNÒSTICO
DIAGNÓSTICO DE LA FINCA SANTA RITA EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR
(***Saccharum officinarum***), LA DEMOCRACIA, ESCUINTLA.

1.1 PRESENTACIÓN

El cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) tiene gran importancia para Guatemala ya que contribuye con el desarrollo agrícola e industrial y promueve una gran diversidad de empleos, generación y captación de divisas. Considerándose como un pilar fundamental en la economía del país, de allí la importancia de que las condiciones del cultivo deban ser las óptimas para lograr altos rendimientos.

La fertilización constituye una práctica cultural de máxima importancia para que los cañaverales alcancen altos rendimientos. Sin embargo, su elevado costo exige realizar un uso oportuno y efectivo para asegurar su máximo aprovechamiento. El logro de mejoras en la eficacia de la fertilización, práctica que debe ser integrada al manejo general del cultivo y asociada a la incorporación de los avances tecnológicos disponibles, permitirá el establecimiento temprano de una población inicial óptima, con una distribución uniforme de los tallos y con mínimas fallas, asegurando la conformación de cañaverales con una elevada población de tallos molederos. Además será muy importante, a fin de mejorar la eficiencia del uso de los fertilizantes, que la implementación de esta práctica vaya acompañada de la recolección de información del suelo y del conocimiento de la producción de cada lote.

El presente informe corresponde al diagnóstico realizado en el cultivo de caña de azúcar de la finca Santa Rita, que se encuentran en la Democracia, Escuintla. El estudio se justifica ante la necesidad de conocer la situación actual del cultivo de caña de azúcar, y el uso de fertilizantes, con el objeto de detectar los principales problemas en el ramo agrícola del cultivo. La problemática detectada por medio del diagnóstico en el área de campo es la siguiente: a) costo del abono, b) bajos rendimientos de caña y azúcar, c) plagas, d) enfermedades y e) malezas. Estos problemas se detectaron a través de una serie de preguntas dirigidas hacia el personal del área, esta información fue analizada y discutida por medio de tablas, gráficas, la matriz de priorización de problemas. Unos de los principales problemas detectados, es el aumento del precio del fertilizante mineral, principalmente los nitrogenados por los que se propone otras alternativas como el uso de fertilizantes orgánicos, que pueden ser de mas bajo costo.

1.2 MARCO REFERENCIAL

1.2.1 Descripción de la finca Santa Rita

La finca Santa Rita se encuentra ubicada en el municipio de la Democracia, del Departamento de Escuintla aproximadamente a 115 Km de la ciudad de Guatemala. Cuenta con un área total de 635.29 ha, de las cuales 536.27 se encuentra sembrada con caña de azúcar y 7.95 ha sin caña de azúcar, el resto de las áreas están distribuidas en cerros, guardianía, parcelas con vinaza, zanjones, área verde, etc.

La textura del suelo es franco arenoso perteneciente al Orden Entisol, este suelo presenta un alto contenido de potasio (659.6 ppm), tal y como se puede observar en el Cuadro 1. Esta recibe al año en promedio 1700 – 1900 mm de precipitación pluvial, la temperatura promedio anual es de 24 – 28 °C (Estación meteorológica de la finca San Patricio).

Cuadro 1. Análisis químico de suelos de la finca Santa Rita, La Democracia, Escuintla, Guatemala.2007

pH	ppm								Meq/100ml	%
	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Zn	N	C.I.C.	M.O.
6.8	49.1	659.6	4117	1294.3	15.7	282.8	3.9	22.1	33.1	2.6

C.I.C.= Capacidad de intercambio catiónico; M.O. = Materia orgánica

Fuente: Análisis efectuado por el laboratorio de soluciones analíticas-Agricultura-Industria-Ambiente.

En el Cuadro 1 se presenta el análisis químico del suelo donde fue desarrollado el diagnóstico. En dicho Cuadro apreciamos que el pH del suelo es casi neutro; el contenido de fósforo (P) y el de potasio es adecuado (K), en lo referente al nitrógeno, se puede indicar que debido a la inestabilidad del mismo en el suelo, el laboratorio siempre recomienda realizar aplicaciones del mismo; siendo éstas de acuerdo a los requerimientos o potencial del cultivo ($Tm.ha^{-1}$).

1.2.2 Cultivo de caña de azúcar

La caña de azúcar (***Saccharum officinarum***) es una gramínea, que se adapta muy bien a altitudes de 0-1000 msnm, presenta un ciclo vegetativo de 9 a 24 meses, el rango de temperatura oscila de 15 a 45 °C y el óptimo para la fotosíntesis es de 30 a 35 °C. Necesita en promedio por año de 1000 a 2200 mm de precipitación pluvial (Quintero, Jen y Castilla, 1984).

1.2.3 Descripción del proceso productivo de la caña de azúcar.

1.2.3.1 Descripción del proceso en campo

Las actividades de campo incluyen todas aquellas que son desarrolladas por los cultivadores independientes o proveedores en sus tierras y por los ingenios en las tierras que son manejadas y administradas por ellos (Guerra, 1992).

A. Preparación del terreno y semilla

a. Adecuación del terreno

Se define como la acción de proporcionar y acomodar las condiciones del terreno para el cultivo de caña de azúcar (Guerra, 1992).

Si el área es nueva deben eliminarse, árboles, piedras, infraestructura en desuso o cualquier otro tipo de obstáculo para la operación de la maquinaria, para ésta labor se utiliza maquinaria con buldózer, excavadoras, tractores agrícolas y camiones de volteo, al contar con el área sin obstáculos se realiza un levantamiento topográfico detallado, se elabora el plano topográfico sobre el cual se realiza el diseño de la finca en función del riego, drenaje agrícola y cosecha, para posteriormente trazar la nueva configuración de la finca (Guerra, 1992).

b. Preparación de suelos

Con la preparación de tierras se desarrollan las labores de labranza mecanizada necesarias para disponer los suelos para la siembra. Esta tiene una secuencia de labores que se planifica en función de las características del suelo tal como: Textura, composición del perfil del suelo, contenido de humedad, presencia de plagas del suelo y malezas, presencia y profundidad de capas compactadas, edad y altura del cultivo anterior en caso de ser una renovación del cultivo (Chaparro, 2002).

Los pasos de la preparación de suelos inician con el subsolado, esta consiste en eliminar la compactación, producida por el paso de la maquinaria pesada que transita por suelos húmedos y las capas endurecidas permitiendo que las labores subsiguientes se lleven a efecto con óptima profundidad, para permitir buen desarrollo radicular a la planta (Chaparro, 2002). El subsuelo se realiza con implementos denominados subsoladores de brazos parabólicos accionados por tractores de 280 a 320 caballos de fuerza, pueden

realizarse uno o dos pasos de ésta labor dependiendo del grado y magnitud de las capas compactadas (Chaparro, 2002).

Posterior al subsolado se realiza uno o dos pasos de rastro arado o volteo con rastras de 16 a 24 discos de 32" o 36" de diámetro, la finalidad es voltear y remover el suelo, incorporar los residuos vegetales y a la vez exponer huevecillos de plagas del suelo para su control, con esta labor también se rompen los rombos formados por el subsolado; para accionar los implementos de labranza se utilizan tractores de 280 a 320 Hp (Chaparro, 2002).

Al finalizar el volteo se realizan uno o más pasos de pulida, esta es una labor que rotura y fracciona los terrones producidos en el volteo, también destruye e incorpora residuos vegetales, y puede utilizarse también para el control de plagas del suelo al espaciar el paso del implemento entre uno y el siguiente paso, para el pulido se utilizan rastras de 64 a 66 discos de 24" de diámetro. La última labor antes de la siembra es el surqueo, consiste en abrir los surcos para depositar la semilla, una vez sembrada y tapada, los mismos surcos servirán como canales de conducción de agua para riego, estos se confeccionan distanciados 1.50 metros entre cada uno, se utilizan implementos denominados surcadores accionados con los sistemas de levante e hidráulico de tractores de 160 a 170 Hp (Chaparro, 2002).

c. Establecimientos de semilleros

Esta es una etapa especial en el programa operacional de la siembra, porque permite obtener material de buena calidad, facilita una rápida germinación, buen vigor y macollamiento, una mayor homogeneidad en la plantación; una mayor vida y altas posibilidades de tener una plantación con elevada capacidad productiva (Soto, G. 1995).

En lo posible el área de semilleros debe estar cerca del lugar de siembra comercial para disminuir costos en transportes, además permite una mejor sincronización entre el corte de la semilla y la siembra. Las áreas conocidas por sus altas infestaciones de roedores deben evitarse. Los suelos para semilleros, en lo posible deben ser de texturas francas, fértiles y profundas con topografía plana y de fácil drenaje. El área debe contar con facilidades para regar inmediatamente después de la siembra (Soto, G et al. 1998). Los semilleros de caña de azúcar se dividen de la siguiente forma: Semillero del

mejorador, semillero básico, semillero semicomercial y semillero comercial. La semilla del semillero del mejorador proviene de los nuevos híbridos que han pasado una serie de tamices desde la germinación de la semilla sexual hasta la selección en evaluaciones regionales, este material es genéticamente puro y libre de enfermedades sistémicas y sirve para iniciar un semillero básico. El semillero básico se establecen con semilla tratada hidrotérmicamente a 51°C por 10 minutos, luego 12 horas a temperatura ambiente y de nuevo 1 hora a 51°C, el sistema de multiplicación puede ser por medio de plántulas provenientes de yemas extraídas o por el método de multiplicación convencional, la semilla obtenida en este semillero poseerá un 100% de pureza varietal. El semillero semicomercial se establece con semilla proveniente del semillero básico, se siembra comúnmente con una densidad de 10 a 12 yemas vegetativas por metro lineal o bien por trasplante de plántulas provenientes de yemas extraídas, lo cual hace que partiendo de una misma cantidad de semilla básica, las áreas de semillero sean diferentes, con un buen manejo agronómico se espera producir semilla con un 99% de pureza varietal y niveles bajos de enfermedades sistémicas. El semillero comercial se establece con semilla proveniente del semillero semicomercial, la semilla que aquí se produce deberá poseer al menos un 98% de pureza varietal y niveles bajos de enfermedades sistémicas (Soto, G *et al.* 1998).

d. Siembra

La siembra se hace colocando 2 esquejes en pares o en forma alterna en el fondo del surco confeccionado durante la preparación del suelo, con una densidad de 10 a 12 yemas sanas por metro lineal (Alfaro, 2000).

Durante la siembra suele realizarse una adición de fósforo, en forma de P_2O_5 y cuya dosis depende de la disponibilidad en el suelo, en algunos casos los análisis de suelos indican que no es necesaria su aplicación, al mismo tiempo puede realizarse el control de plagas del suelo con aplicaciones de productos biológicos tal como hongos del género *Metharizium*. El proceso de siembra continúa con el tapado de la semilla y posteriormente la adición de uno o dos riegos para estimular la germinación de las yemas (Soto, 1995).

B. Mantenimiento del cultivo

a. Control de malezas

El control de malezas va dirigido a disminuir la presencia de malezas en el período crítico de competencia, el cual termina cuando la caña tiene 90 centímetros de altura y los tallos posean entre 8 y 12 horas, el período crítico se encuentra entre 15 y 120 días en caña recién sembrada y entre 15 y 90 días en caña soca (Soto, G. 1995).

El control de malezas se planifica en función de las especies y disponibilidad de agua en el suelo, de ello depende el método de control, el cual puede ser químico, manual y mecánico, si se efectúa un control químico también deben planificarse los herbicidas adecuados y su dosificación que generalmente van acompañados de productos coadyuvantes. En Guatemala se utilizan 26 grupos de herbicidas para el control de malezas (Leonardo, A. 1998).

En Guatemala se han identificado 55 especies importantes de malezas, las cuales han sido agrupadas en dos grandes grupos: malezas de hoja angosta, malezas de hoja ancha, dentro de ésta clasificación se dividen así (Leonardo, A. 1998):

i. Malezas de hoja angosta

- Ciperáceas: *Cyperus flavus* (Vahl.) Nees, *Cyperus odonatus* L., *Cyperus rotundus* L.
- Gramíneas

Gramíneas que forman macollas: *Antheophora hermaphrodita* (L.) Kuntse, *Cenchrus echinatus* L., *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) Clayton, *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop., *Echinochloa colonum* (L.) Link., *Eleusine indica* (L.) Gaertn, *Ixophorus unisetus* (Presl.) Schlecht., *Leptochloa filiformis* (Lam.) Beauv., *Panicum fasciculatum* Swartz, *Panicum maximum* Jacq. *P. thichoides* Swartz, *Paspalum virgatum* L. y *Sorghum halapense* (L.) Pers.

Gramíneas que forman estolones: *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Brachiaria mutica* (Forsk) Stapf.

ii. Malezas de hoja ancha

- Malezas con roseta de hojas en la base: Nombre científico no determinado, conocida como malanguilla.

- Malezas que no forman roseta de hojas: *Anagallis arvensis* L., *Mollugo verticillata* L., *Commelina difusa* Burm. F., *Tripogandra disgrega* (Kunth) Woodson, *T. cumanensis* (Kunth) Woodson, *Tinantia erecta* Jacq., *Borreria ocymoides* (Burm.) DC, *Richardia scabra* L., *Tridas procumbens* L., *Portulaca oleracea* L., *Trianthema portulacastrum* L., *Kallstroemia máxima* L, *Euphorbia prostrata* Ait., *Dioscorea carionis* Prain & Burkell, *Merenia quinquefolia* (L.), *Ipomea nil* (L.) Roth., *I. Triloba* L.

- Plantas con tallo erecto: *Ageratum conyzoides* L., *Baltimora recta* L., *Melampodium divaricatum* (L. Rich ex Pers), *Melanthera nivea* (L.), *Boerhavia erecta* L., *Sida rhombifolia* L., *Amaranthus spinosus* L. *Amaranthus viridis* L. *Euphorbia gramínea* Jacq., *E. heterophylla* L., *E. hirta* L., *E. hypericifolia* L., *Heliotropium indicum* L., *Hybanthus attenuatus* (Humb & Bonpl.), *Bidens pilosa* L., *Desmodium tortuosum*., *Oxalis neaei* D.C., *Fhyllanthus niruri* L.

b. Plagas y enfermedades

Debido a que la caña de azúcar es un cultivo extensivo, se ha alterado el equilibrio natural. Esto permite que algunas plagas se desarrollen y reproduzcan al disponer de una gran cantidad de substrato para alimentarse. En el mundo existen más de 1500 especies de insectos que son considerados como plaga de éste cultivo (Soto, 1995).

Se han identificado algunas especies importantes constituidas plagas del cultivo de caña y algunas enfermedades, las cuales se numeran en los Cuadros 2 y 6.

Cuadro 2. Plagas de importancia económica en el cultivo de caña de azúcar en Guatemala.

Nombre comun	Nombre científico	Daño que ocasiona al cultivo	Control
Chinche salivosa	<i>Aeneolamia postica</i> <i>Prosapia simulans</i>	Necrosamiento del área foliar, provocando fitotoxemia, disminuye la capacidad fotosintética y por ende el proceso formativo de sacarosa.	Control biológico Con hongo Labores culturales como drenaje, aporque y desaporque. Control etológico con trampas. Control químico.
Barrenadores del tallo	<i>Diatraea</i> spp.	Deterioro de la calidad del jugo, asociado con proliferación de muermo rojo (<i>Colletotricum falcatum</i>) que produce una reducción en el pol y brix y un aumento de fibra.	Control biológico con parasitoides: <i>Lydella minense</i> y <i>Paratheresia claripalpis</i> .
Plagas del suelo: Gallinaza ciega Gusano alambre Chinche hedionda	<i>Phyllophaga</i> spp. <i>Agriotes</i> spp. <i>Scaptocoris talpa</i>	Daño radicular	Se investiga el control biológico con nematodos <i>Heterorhabditis</i> spp. Y <i>Diplogasteritus</i> spp. Control biológico con <i>Metarhizium anisoplaea</i> .
Roedores	<i>Sigmodon hispidus</i>	Roen los entrenudos basales hasta una altura de 45 cm provocando la muerte del tallo	Control de lugares de refugio. Protección y fomento de depredadores. Trampas Rodenticidas anticoagulantes.

c. Fertilización

Esta labor se encamina a adicionar al suelo los elementos que el cultivo extraerá, la caña de azúcar es un cultivo con una capacidad considerable de extracción de nutrimentos y que varía según la fase desarrollo, durante las fases iniciales los requerimientos son bajos. Posteriormente, una vez que comienza la formación del sistema radical y el desarrollo de la parte aérea, las necesidades se incrementan, dentro de los nutrientes mayormente absorbidos están el Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio (Soto, G. 1995).

Según Subiros (Soto, G. 1995), la caña de azúcar extrae algunas cantidades de estos elementos para producir una tonelada métricas de caña, los promedios de varias revisiones son los siguientes en Kilogramos por tonelada métrica de caña: Nitrógeno 1.09, Fósforo 0.24, Potasio 1.90, Calcio 0.37, Magnesio 0.30 y Azufre 0.41 (Soto, G. 1995).

Según Soto (1995), el procedimiento para realizar la fertilización inicia con el muestreo y análisis de suelos para determinar las dosis de fertilizantes a aplicar, generalmente se aplica en forma mecánica con una fertilizadora accionada con un tractor

de 80 a 120 Hp, generalmente la fertilización nitrogenada se realiza posterior a los 30 días después de la siembra o del corte en el caso de caña soca.

El Nitrógeno se aplica cuando la planta presenta deficiencia en nitrógeno. Esta deficiencia se manifiesta por la presencia de una coloración verde amarilla, especialmente en las hojas inferiores. La aplicación de nitrógeno varía de acuerdo con los suelos, cantidad de materia orgánica, el número de cortes y la variedad utilizada. La caña se abona con diferentes fuentes de nitrógeno: urea con un 46% de ingrediente activo; sulfato de amonio que se aplica en suelos alcalinos; fosfato diamónico al 18% de nitrógeno y 20% de fósforo para suelos deficientes en fósforo (Soto, G. 1995).

El fósforo es esencial para la síntesis de la clorofila y está íntimamente relacionado con la formación de la sacarosa. La deficiencia de fósforo reduce el macollamiento y desarrollo de la planta, a la vez que origina raíces anormales de color marrón. Debido a la poca movilidad del fósforo en el suelo, su aplicación se debe hacer en el área próxima al sistema radical de la planta, por lo general, en la plantilla se aplica en el fondo del surco al momento de la siembra, con el fin de estimular el desarrollo inicial de las raíces. Cuando es necesario, en la soca se aplica en banda e incorporado al suelo junto con el nitrógeno, 30 días después del corte (Soto, G. 1995).

En términos generales, se considera que en los suelos con contenidos altos de fósforo disponible ($>10 \text{ mg.Kg}^{-1}$) no se justifica la aplicación de este nutrimento. Las fuentes comerciales de fósforo más utilizadas son el Superfosfato Triple (20% de fósforo y 14% de calcio), el fosfato diamónico o DAP (20% de fósforo y 18% de nitrógeno) y la roca fosfórica (9,6% de fósforo y 28% de calcio). También se utilizan la cachaza, fuente orgánica de fósforo, que contienen además otros elementos mayores y menores.

El potasio en la caña de azúcar regula las actividades de la invertasa, la amilasa, la peptasa y la catalasa (Tisdale, 1988). Los síntomas de deficiencia de potasio en caña de azúcar se manifiestan como un marcado amarillamiento de las hojas, especialmente en el ápice y los márgenes, que termina con el necrosamiento de las áreas afectadas. El Cloruro de potasio (KCl) y el sulfato de potasio (K_2SO_4) son las fuentes comerciales de potasio más conocidas. Se aplica en el fondo del surco justo antes de la siembra. En las socas se aplica 30 días después del corte en bandas incorporado conjuntamente con el nitrógeno (Soto, G. 1995).

d. Riego

El riego consiste en la aplicación de agua a un cultivo en el momento oportuno y en la cantidad requerida. El objetivo del riego en la caña de azúcar es el crecimiento de la planta para que produzca la mayor cantidad de sacarosa posible. La cantidad de agua requerida durante el ciclo de cultivo puede oscilar entre 92 y 108 mm mensuales, lo cual significa que en un período de cultivo de 12 meses se necesitan 1100 a 1300 mm. Las nuevas tecnologías como el balance hídrico, el surco alterno, la utilización de politubulares busca incrementar la eficiencia y la eficacia del uso del agua así como mantener la productividad del cultivo integrando técnicas novedosas de riego y conceptos de administración de aguas, de tal manera, que puedan ser manejables los cambios respecto a la cantidad y distribución de las lluvias y los caudales disponibles (Soto, G. 1995).

C. Descripción del proceso en Cosecha

a. Inhibidores de la floración

En la producción comercial de caña de azúcar, la floración es un factor importante que incide en pérdidas de rendimiento, en experimentos de campo se ha determinado que la caña que florea el 35% puede perder de un 15% a 20% de su rendimiento normal (Subiros, 1995).

Esta reducción en el rendimiento se debe a tres implicaciones importantes:

- 1) El gasto de energía que involucra el proceso, ya que la energía es tomada del tallo en forma de sacarosa cuando ésta se invierte.
- 2) La formación de corcho que disminuye el peso del tallo y reduce la recuperación de sacarosa durante el procesamiento.
- 3) La formación de lalas (brotación de yemas laterales) en el último tercio del tallo, como consecuencia de la pérdida de la dominancia apical. Esto ocasiona una disminución en la calidad de los tallos y además implica un gasto de energía adicional (Subiros, 1995).

Se utilizan varios métodos para modificar el proceso de la floración: Empleo de variedades no floreadoras, edad del cultivo, regulación del foto período, temperatura, manejo del riego y control químico (Soto, 1995). De éstos la búsqueda de variedades no floreadoras está en marcha, por otro lado el control químico es el manejo económico y técnicamente viable, se utiliza el Ethrel (Ethepon fosfónico), con el cual se ha reducido en

un 19% la floración y un 13% el porcentaje de corcho que se cosecha durante el segundo tercio (enero – febrero) (Subiros, 1995).

b. Aplicación de madurantes

La maduración es el proceso fisiológico por el que la producción de materia verde de la planta se reduce para dar paso a la acumulación de carbohidratos en forma de sacarosa en las células de parénquima del tallo. Adicionalmente la maduración está gobernada por una serie de factores muy relacionados entre sí, algunos son: Variedad, humedad del suelo, temperatura, radiación solar, suelo y prácticas de cultivo (Soto, 1995).

Estudios realizados en Estados Unidos con ciclos de 12 meses, determinaron que el aumento en la producción de caña en los últimos cuatro meses fue de apenas el 2%, mientras que el contenido de sacarosa en ese mismo lapso aumentó alrededor del 200%. Este aumento fue más alto cuando se emplearon maduradores químicos. La aplicación de maduradores químicos está dirigido a promover la maduración en cañas que se cosechan en los primeros dos tercios de la zafra, durante los meses de noviembre a febrero, su principal ventaja es la de aumentar el Brix, Pol y pureza del jugo y por lo tanto los niveles de sacarosa que en determinados casos llegan hasta un 20% en sacarosa. Los productos más importantes utilizados como maduradores son: Fusilade (Propanoato Arílico Fluazifop P-Butil), Roundop Max y SL (Glifosato ácido fosforoso), Select y Touchdown (Soto, 1995).

c. Quema programada

Se realiza en forma programada cuando el contenido de sacarosa es óptimo en la caña, utilizando quemadores manuales o quemadores de tractor (lanza - llamas). Los primeros funcionan por goteo, dejando caer gotas de combustible (gasolina) encendidas que prenden fuego a la caña. Los segundos, utilizan ACPM (Diesel) para generar llama. Esta práctica se realiza para facilitar el corte de la caña (Subiros, 1995).

d. Corte de caña

Existen dos tipos de corte: El manual y el mecánico o mecanizado.

- **Corte manual**

El Corte Manual puede ser: quemado y en verde. El corte de caña quemado se hace por parte de cortadores que utilizan dos pases, uno para cortar la base de la caña y otro para cortar el cogollo. La caña es luego colocada en chorras o montones alineados para que luego sea alzada con uñas mecánicas. Un cortador en promedio puede cortar del orden de 5 a 6 Tm.día⁻¹ (Soto, 1995).

El corte de caña en verde puede ser sucio o limpio. El corte verde sucio utiliza tres pases, el pase adicional quita algo de hojas. El corte verde limpio, tiene por lo menos dos pases de limpieza para asegurar que se remuevan todas las hojas. Por el trabajo adicional que requiere, el rendimiento del corte se reduce a 2 o 3 Tm.día⁻¹ (Soto, 1995).

- **Corte mecanizado**

El corte mecánico puede realizarse para caña en verde o caña quemada. Las máquinas cosechadoras cortan un surco por pasada, pican la caña y mediante ventiladores, por diferencia de densidad, la separan de las hojas. El rendimiento está entre 20 y 30 Tm.hora⁻¹. Las hojas quedan esparcidas uniformemente sobre el campo. La cosechadora entrega la caña directamente a vagones, que la reciben picada para transportarla a la fábrica (Soto, 1995).

e. Alza y transporte

La caña cortada manualmente se carga en vagones transportadores utilizando alzadoras mecánicas. Entre menor sea el tiempo que transcurre entre quema, o corte, y fábrica se logra mayor eficiencia en el proceso. Lo ideal es que este tiempo no sea mayor de 36 horas para evitar pérdidas de sacarosa en la planta (Soto, 1995).

f. Requema

Esta actividad sólo es permitida en áreas que van a ser renovadas, no ubicadas en zonas de restricción. Consiste en la destrucción por medio de quema de los residuos de un cultivo de caña que quedan después de la cosecha. Esta actividad se hace en forma programada y con apoyo de información de las estaciones meteorológicas sobre velocidad y dirección de vientos. No pueden requemarse áreas mayores a 6 ha (Soto, 1995).

D. Descripción del proceso en Fábrica

a. Recepción

La caña llega a la planta de procesamiento, en carros cañeros. En la báscula se pesa y se muestrea para determinar la calidad, contenido de sacarosa, fibra y nivel de impurezas. Adicionalmente se registra el tiempo transcurrido entre la quema y la entrada a la fábrica (Soto, 1995).

b. Descargue, lavado y preparación de la caña

Según Soto (1995), la caña se descarga sobre mesas de alimentación o en el patio de caña. La limpieza de caña se efectúa a través de lavado o con sistemas que funcionan en seco. Esta práctica tiene por objeto retirar la mayor cantidad de materia extraña. Seguidamente, pasa a picadoras independientes donde se astilla y se nivela el colchón de caña que entra al molino.

c. Molienda y pesaje

La caña se pasa a través de las dos primeras masas que extraen una gran cantidad de jugo (jugo de primera extracción). Luego pasa por una serie de molinos en tándem, cada uno de los cuales está compuesto por tres o cuatro masas metálicas donde se macera la caña. El jugo de un molino se recicla al anterior y en el último molino se le añade el agua de imbibición. Al final, el jugo de primera extracción y el jugo diluido se mezclan (jugo mezclado). Este jugo se filtra para retirar el bagacillo y se bombea a un tanque de pesaje. El bagazo se conduce a una bagacera como combustible para las calderas, o se vende a la industria del papel (Soto, 1995).

d. Sulfitación, encalado y clarificación

El jugo diluido se pasa por una torre de sulfitación para generar un efecto bacteriostático y ayudar a reducir la viscosidad. Seguidamente, se le ajusta el pH en caliente, para elevarlo a 7.3-7.5 y luego se clarifica por sedimentación en los clarificadores.

Los lodos de los clarificadores se mezclan con bagacillo y forman la cachaza, que es separada utilizando filtros rotatorios al vacío donde se forma una torta, la que posteriormente se lleva al campo como acondicionador de suelos. El jugo filtrado nuevamente se envía a un clarificador donde se adiciona ácido fosfórico, cal y floculante

para retirar las impurezas. Las impurezas son retiradas y retornadas a la corriente de lodos del primer clarificador. El jugo filtrado limpio se extrae del fondo y se mezcla con el jugo del clarificador que va a los evaporadores (Soto, 1995).

e. Evaporación y clarificación

El jugo mezclado de caña tiene una concentración inicial de 15° Brix. La concentración teórica de sacarosa debe llegar al punto de máxima solubilidad (72° Brix) antes de que pueda comenzar el proceso de cristalización. Esto implica la remoción por evaporación de más del 90 % de agua del jugo de la caña. Se hace a través de un evaporador de múltiple efecto que combina el efecto de temperatura y presión para optimizar el uso de energía. El resultado neto aproximado es que un 1 kg de vapor puede evaporar 4 kg de agua. El vapor utilizado proviene del escape de las turbinas.

Al jugo concentrado se le denomina meladura. La meladura se purifica en un clarificador. Se le adiciona nuevamente ácido fosfórico, floculante y cal. Se precalienta para disminuir la viscosidad. Los lodos se envían al sistema de lodos del primer clarificador. Los condensados se utilizan en otros procesos en la fábrica (Soto, 1995).

f. Cristalización

Este proceso se lleva a cabo por evaporación. El proceso de cristalización de la sacarosa se hace en tandas, en una serie de tachos de simple efecto operados al vacío, donde se cristaliza la sacarosa y se forma la masa (mezcla de cristales y meladura). El cristal de azúcar se hace inyectando una semilla a una meladura sobresaturada de azúcar. Los núcleos cristalinos formados, crecen en el tacho. Se va agregando meladura de los evaporadores según se evapora el agua. Los cristales y la meladura forman una masa densa conocida como masa cocida. La templa (el contenido del tacho) se descarga luego por medio de una válvula de pie a un tanque mezclador o cristalizador (Soto, 1995).

g. Centrifugación

El proceso de centrifugado separa el grano (azúcar) del líquido (miel) de las templeas. Después de un giro inicial corto, el azúcar se lava con agua caliente para eliminar residuos de miel. La masa del primer tacho, masa A, al pasar por la centrífuga produce el

azúcar A y la miel A. La miel A pasa al segundo tacho donde vuelve a cristalizarse formando la masa B que a su vez se vuelve a separar en las centrifugas. La miel B pasa al tercer tacho donde se repite el proceso. La meladura final, después de separar los granos de la masa C, se llama miel final (melaza) y se comercializa como alimento animal, base para destilación de alcohol (Soto, 1995).

h. Refinación

El azúcar A se disuelve en agua caliente. Se le añade cal, ácido fosfórico y otros ayudantes de clarificación y se pasa por un segundo proceso de clarificación por flotación con aire comprimido. Se eleva la temperatura para disminuir la viscosidad y hacer más eficiente el proceso. El licor clarificado no tiene turbidez, sin embargo, es oscuro. Este licor pasa a un primer tacho de refinado donde se repite el proceso de cristalización. El sirope que resulta de este proceso, pasa a un segundo tacho y el sirope 2 pasa a un tercer tacho. El azúcar refinado pasa al proceso de secado y tamizado para separar los terrones. Los terrones se devuelven al inicio del proceso de refinación. El azúcar seco pasa a empaque y de ahí a distribución.

i. Secado, empaque y almacenamiento

El azúcar A y B o azúcar comercial, se pasa a través de un secador para disminuir la humedad. Se introduce aire caliente en contracorriente con el azúcar para disminuir la humedad por debajo del 0.1 %. Controlando la humedad y la temperatura ($< 30^{\circ}\text{C}$) durante el almacenamiento, no es un producto perecedero. Los residuos que se generan (eg. terrones) se disuelven y se envían de nuevo al proceso. El azúcar seco se transporta por medio de un sistema aséptico a las tolvas de almacenamiento. El almacenamiento se hace empacado o a granel.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

- Conocer los principales problemas que afectan el rendimiento del cultivo de caña de azúcar en las fincas Santa Rita.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Priorizar y Jerarquizar los principales problemas que afectan el rendimiento del cultivo de caña de azúcar en las fincas Santa Rita.
- Proponer un proyecto de investigación y servicios en función al diagnóstico realizado en el cultivo de caña de azúcar.

1.4 METODOLOGÍA Y RECURSOS

1.4.1 Metodología

Para obtener la información se elaboró inicialmente un plan de diagnóstico, en donde se definió la información a obtener y los medios para obtenerla. Se hizo un reconocimiento general del área de estudio para conocer sus características generales.

Se realizó una revisión de literatura, de la cual se obtuvo información básica preliminar acerca de la ubicación y extensión del área de estudio.

Luego se realizaron caminamientos, haciendo énfasis en todos aquellos aspectos necesarios en la investigación tales como: área cultivada con caña de azúcar y sus rendimientos, suelo, malezas, plagas, enfermedades y otros. Se realizaron observaciones directas en las áreas del cultivo.

Durante este recorrido, se hicieron una serie de preguntas sobre los principales problemas que afectan el rendimiento del cultivo de caña de azúcar en el área de estudio, dirigidas hacia el jefe del área de fertilidad y suelos. Además de la información primaria extraída del recorrido, también se obtuvo información secundaria por medio de revisión de literatura, ya sea esta tesis, libros, información que se obtenga de Internet, etc.

1.4.2 Recursos

- Libreta de campo
- Lápiz
- Información secundaria
- Computadora portátil
- Cámara digital

1.4.3 Análisis de la información

Luego de haber realizado las actividades descritas anteriormente se procedió a ordenar, analizar e interpretar la información. Para priorizar y jerarquizar los principales problemas que existen en el área de campo de la finca se realizó una matriz de priorización de problemas, para conformar el documento final del presente diagnóstico.

1.5 RESULTADOS

1.5.1 Costo del abono

La obtención de altas producciones en caña de azúcar está condicionada al uso de fertilizantes, ya que el suelo es incapaz de proveer todos los nutrientes con el ritmo y en las cantidades requeridas por el cultivo para lograr máximos rendimientos. En la finca Santa Rita aplica al cultivo principalmente fertilizantes nitrogenados, para aumentar la producción. El precio de estos fertilizantes últimamente ha aumentado más del 100% debido a la crisis del petróleo, lo que hace que aumente los costos de producción (ver Figura 1), por lo tanto obliga a realizar un uso oportuno y efectivo, asegurando su máximo aprovechamiento.

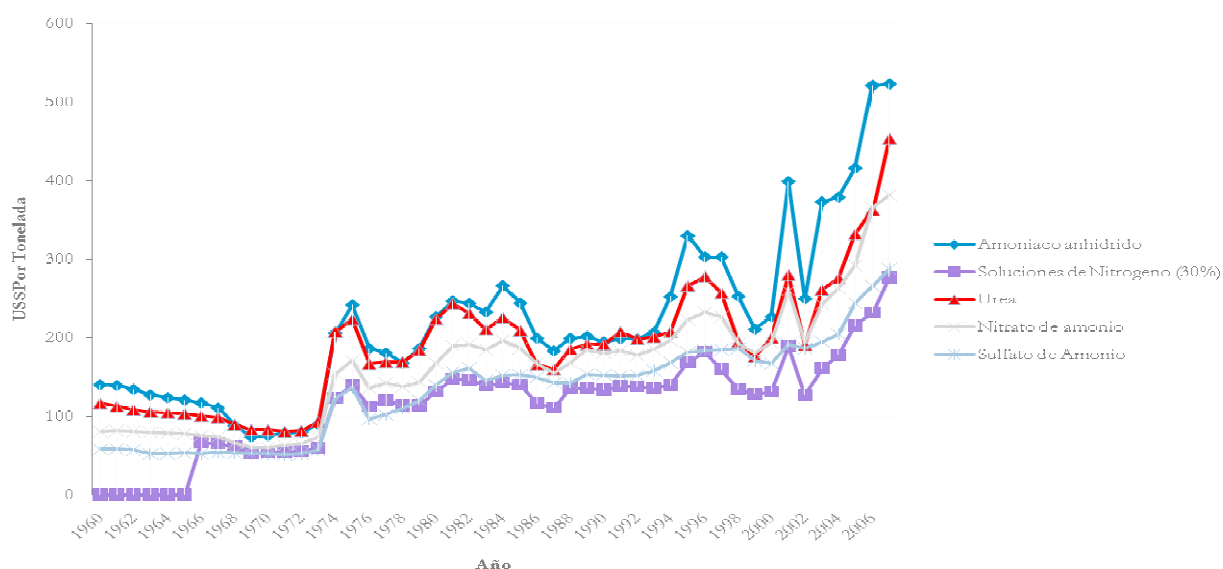


Figura 1. Histórico de precios de diferentes fuentes nitrogenadas (1960 – 2006).
Fuente: Pérez, O. et al. 2008.

1.5.2 Bajos rendimientos de caña y azúcar

Durante el recorrido por el área de campo se observaron algunos lotes con caña de azúcar que presentaban algunas deficiencias, esto puede deberse a la falta de riego, plagas o enfermedades, compactación de suelos, residuos de herbicidas, etc. Estas limitantes afectan de forma directa, reflejándose en una baja producción, esto conlleva a un elevado costo de producción debido a las altas aplicaciones de fertilizantes para elevar su producción.

La floración es otro factor importante, que incide en pérdidas de rendimiento de caña y azúcar, en ensayos de campo se ha determinado que con un porcentaje de floración de 35% puede perder de un 15% a 20% de su rendimiento normal. La reducción se debe a que esta forma corcho, disminuyendo así el peso del tallo y reduciendo la recuperación de sacarosa, también se da la formación de lalas (brotación de yemas laterales) en el último tercio medio, como consecuencia de la pérdida de la dominancia apical, provocando una disminución en la calidad de los tallos y además incluye un gasto de energía adicional (Subiros, 1995).

En el Cuadro 3, se presenta la producción y rendimientos de caña y azúcar, obtenidas desde las zafra 2002 hasta la 2007.

Cuadro 3. Producción y rendimientos de caña y azúcar desde la zafra 2002 hasta la 2007 de la finca Santa Rita.

Zafra	Área	Toneladas métricas		Tm.Az.P.	Rendimientos	
		Cortadas	cortadas por Hectárea		de azúcar (Kg.Tm ⁻¹)	Tm.Az.P.ha ⁻¹
2002-2003	516.99	48936.35	94.09	5542.95	113.70	10.70
2003-2004	514.27	51429.84	99.08	5795.72	112.96	11.19
2004-2005	521.78	53686.92	105.37	6099.60	114.30	12.04
2005-2006	511.09	51080.79	98.96	5765.88	113.02	11.18
2006-2007	513.50	51442.30	98.44	5493.04	107.19	10.55

Tm.Az.P. = toneladas métricas de azúcar producida; Kg.Tm⁻¹ = kilogramos por tonelada métrica de caña;

Tm.Az.P.ha⁻¹ = toneladas métrica de azúcar producida por hectárea.

Fuente: Departamento de Investigación Agrícola, 2008.

En Cuadro 3, se observan que la producción y los rendimientos de caña y azúcar alcanzaron su mayor incremento en la zafra 2004-2005. La variación notable en la producción y rendimientos para cada zafra, pudo deberse a que el área cosechada es diferente para cada zafra, por esta razón es que la zafra 2004-2005 alcanzó su mayor incremento, ya que contaba con mayor área para cosechar, en comparación con las demás zafra. También se debe considerar otros factores (riego, lluvia, temperatura, fertilización, plagas, enfermedades, etc.) que pudieron haber influido para que existiera esta variación.

1.5.3 Plagas y Enfermedades

1.5.3.1 Plagas

A continuación se presenta un listado de las principales plagas, las cuales se encuentran numeradas de acuerdo al grado de importancia para el cultivo, por el daño que ocasiona (Guillen, 2008):

1. Roedores (*Sigmodon hispidus*)
2. Chinche salivosa (*Aeneolamia* spp.)
3. Barrenadores del tallo (*Diatraea* spp.)
4. Gallina ciega (*Phyllophaga* spp.)
5. Gusano alambre (*Agriotes* spp; *Conoderus* spp)

Los roedores pueden dañar los entrenudos hasta una altura aproximada de 45 cm, el daño de esta se refleja en la pérdida en peso de la caña. Para su control se realizan muestreos cada 8 días y las aplicaciones van de acuerdo al número de ratas encontradas por hectárea (Ver Cuadro 4).

Cuadro 4. Dosis de matarrata aplicadas para el control de roedores en la finca Santa Rita según el número de ratas encontradas por hectárea.

número de ratas.ha ⁻¹	Dosis (Kg.ha ⁻¹)
5 a 30	1
31 a 40	2
> 41	3

La chinche salivosa (Homóptera: Cercopidae) es una plaga estacional que presenta incrementos poblacionales crecientes en el campo, originado por la eclosión de los huevos diapáusicos al inicio de la estación lluviosa en cada año.

Si bien, el manejo integrado de la plaga basa su eficiencia en las labores mecanizadas para reducir la población de huevos fértiles, siempre habrá una parte remanente de huevos que no se destruyen y representan la fuente de infestación ninfal cuyo control lo realizan con aplicaciones del hongo *Metarhizium anisopliae* a una dosis de 5×10^{12} conidias.ha⁻¹ y en pocas ocasiones con un producto químico llamado Jade utilizando la dosis de 10 Kg.ha⁻¹ para disminuir la tasa de desarrollo de la población de ninfas en el campo y en consecuencia reducir el grado de daño al cultivo, para dicho

control se realizan muestreos cada 8 días y las aplicaciones son realizadas cuando la infestación supera los umbrales económicos, para el monitoreo de adultos se colocan 2 trampas por hectárea (Ver Cuadro 5).

Cuadro 5. Dosis de *M. anisopliae* y Jade para el control de la plaga chinche salivosa, en la finca Santa Rita, según el número de ninfas encontradas por tallo y adultos por trampa.

Producto	número de ninfas por tallo	Número de adultos por trampa	Dosis
<i>M. anisopliae</i>	0.1	50	5×10^{12} conidias.ha ⁻¹
Jade	1	1000	10 Kg.ha ⁻¹

Los barrenadores del tallo deterioran la calidad del jugo, asociado con proliferación de muermo rojo (*Colletotricum falcatum*) que produce una reducción en el pol y brix. Para el control de esta plaga se aplica el producto VPN-Ultra 1.6 WP a una dosis de 0.5 kg.ha⁻¹ y también utilizan la liberación de *Trichogramma exiguum* a una dosis de 20 pulg².ha⁻¹, esto se realiza cuando el % de infestación supera el 3%.

En la finca para el control de las plagas presentes en el suelo (la gallina ciega y el gusano alambre) realizan muestreos y las aplicaciones las realizan cuando la infestación supera las 8 larvas por metro cuadrado, aplicando *B. bassiana* y *M. anisopliae* a una dosis de 5×10^{12} conidias.ha⁻¹ (Guillen, 2008).

1.5.3.2 Enfermedades

Para el control de enfermedades la finca utiliza el tratamiento hidrotérmico de la semilla y la resistencia varietal. Aunque se utilicen variedades resistentes a una o varias enfermedades, el cultivo necesita un manejo integrado de plagas y enfermedades, para evitar el desarrollo de una enfermedad por causa del ataque de un insecto o algún otro factor que pueda influir para la proliferación la enfermedad.

En el cuadro 6 se encuentra un resumen del daño que ocasionan las enfermedades al cultivo y su respectivo control.

Cuadro 6. Enfermedades de importancia económica en el cultivo de caña de azúcar en Guatemala.

Nombre comun	Nombre científico	Daño que ocasiona al cultivo	Control
Carbón	<i>Ustilago scitaminea</i>	Muerte del meristemo apical del tallo, ocasionando brotes en forma de látigo.	Resistencia varietal
Raquitismo de las socas	<i>Clavibacter xyli</i>	Evita el movimiento de agua y nutrientes originando un pobre desarrollo de entrenudos.	Tratamiento hidrotérmico
Roya	<i>Puccinia melanocephala</i>	Reducción del rendimiento de hasta 21 Tm.ha ⁻¹ . Produce una muerte necrótica de la hoja, disminuyendo su actividad fotosintética.	Resistencia varietal
Escaldadura foliar	<i>Xanthomonas albilineans</i>	Clorosis longitudinal en las hojas, paralelas a la nervadura central, acortamiento de entrenudos y muerte de la cepa.	Resistencia varietal
Raya roja	<i>Pseudomonas rubilineans</i>	Pudrición y muerte del cogollo así como del tercio superior del tallo.	Resistencia varietal

El cultivo de caña de azúcar Últimamente a sido atacado por una enfermedad, la roya naranja (*Puccinia Kuehnii*), en la finca no la encontré, tal vez por la edad del cultivo, puede que existan más enfermedades en el cultivo de caña de azúcar pero el tiempo llega a ser limitante a la hora del diagnostico.

1.5.4 Malezas

Las malezas son huéspedes temporales de plagas y enfermedades que pasan luego a los cultivos. El ejemplo clásico es la caminadora (*Rottboellia cochinchinensis*) quien es hospedero natural de la chinche salivosa (*Aeneolamia* sp). Entre las malezas y el cultivo existe una competencia por nutrientes, agua, luz, espacio, etc. Para solucionar estos problemas se realizan aplicaciones oportunas de herbicidas.

En la finca Santa Rita se aplican herbicidas en preemergencia de malezas en dosificaciones y mezclas diversas. También se aplican en post-emergencia temprana (maleza <15 cm) y post-emergencia tardía (maleza > 15 cm) con respecto a la maleza.

Las dosificaciones utilizadas responden a un programa que utiliza el Ingenio Magdalena S.A. Para el control de coyolillo se hacen aplicaciones de Krismat a una dosis de 2 Kg.ha⁻¹, para caminadoras se aplica Velpar 75 WP a una dosis de 0.5 Kg.ha⁻¹, para gramíneas se utiliza la mezcla de Amigan + Diuron a una dosis de 4 lt.ha⁻¹.

A continuación en el Cuadro 7, se aprecia el listado de las especies de malezas presentes en el área de estudio, los muestreos se realizaron en áreas de 1 m², la recopilación de información se hizo mediante la observación. Determinando el valor de importancia de cada especie, por el Método de Cottam.

Cuadro 7. Especies de malezas presentes en el área de estudio, finca Santa Rita.

No.	Nombre Científico	Nombre común	V.I.
1	<i>Cyperas rotundas</i> L	Coyolillo	88
2	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Bermuda	79
3	<i>Rottboellia cochinchinensis</i>	Caminadora	67
4	<i>Portulaca oleracea</i> L	Portulaca	60
5	<i>Euphorbia prostrata</i> Ait.	Golondrina	26
6	<i>Amaranthus spinosus</i> L.	Bledo, güisquilete	24
7	<i>Euphorbia hirta</i> L.	Lechosa	22
8	<i>Phyllanthus nituri</i> L.	Tamarindillo	20
9	<i>Cyperas adora tus</i> L	Coyolillo	18

V.I. = Valor de Importancia.

En el cuadro 7 se presentan las 9 especies de malezas encontradas en el área de estudio. El coyolillo debido a las condiciones edáficas y climáticas del lugar donde se realizó el muestreo, es una de las especies que mas predomina en el área, seguido de la bermuda y la caminadora que es considerada como agresiva de la zona debido a la similitud fisiológica que tiene con el cultivo de la caña de azúcar.

1.5.5 Matriz de Priorización de problemas y Jerarquizar problemas

Cuadro 8. Matriz de priorización de los problemas encontrados en la finca Santa Rita.

Problemas	Bajos rendimientos de caña y azucar	Costo de abono	Plagas	Enfermedades	Malezas
Bajos rendimientos de caña y azucar		Costo de abono	Bajos rendimientos de caña y azucar	Bajos rendimientos de caña y azucar	Bajos rendimientos de caña y azucar
Costo de abono			Costo de abono	Costo de abono	Costo de abono
Plagas				Plagas	Plagas
Enfermedades					Enfermedades
Malezas					

Cuadro 9. Priorización de los problemas encontrados en la finca Santa Rita, La Democracia, Escuintla.

Problemas	Frecuencia	Rango
Bajos rendimientos de caña y azucar	3	2
Costo de abono	4	1
Plagas	2	3
Enfermedades	1	4
Malezas	0	5

1.5.6 Jerarquización de los problemas encontrados en la finca Santa Rita, La Democracia, Escuintla.

1. costo de abono
2. bajos rendimientos de caña y azúcar
3. plagas
4. enfermedades
5. malezas

1.6 CONCLUSIONES

- Uno de los problemas que más está afectando a las fincas dedicadas a la producción de caña es el elevado costo de los fertilizantes (más del 100%), principalmente los nitrogenados.
- Aunque las malezas no causan mayor problema en la finca Santa Rita, las que más predominan son el coyolillo o coquito (*Cyperus rotundus* L), bermuda (*Cynodon dactylon* (L.) Pers) y caminadora (*Rottboellia cochinchinensis*).
- De acuerdo a los resultados del diagnóstico se propone como investigación evaluar dos fuentes nitrogenadas sobre el rendimiento del cultivo de caña de azúcar y como servicio evaluar dosis y épocas de aplicación del inhibidor de la floración (ácido 2-cloroetilo fosfónico), en caña de azúcar, variedad comercial CP-881165.

1.7 RECOMENDACIONES

- Como una alternativa, por el alza de precios de los fertilizantes inorgánicos se recomienda para la fertilización de caña de azúcar el uso de fertilizantes orgánicos (gallinaza, compost, etc.), realizando aplicaciones de acuerdo a investigaciones realizadas con fertilizantes orgánicos, considerando el impacto ambiental que podría causar estas aplicaciones.

1.8 BIBLIOGRAFIA

- 1 Alfaro P, R. 2000. Programa de producción de semilla básica mejorada de caña de azúcar. In Congreso de Atalac (5, 2000, San José, CR); Congreso de Ataca (13, 2000, San José, CR); Congreso de Atacori (14, 2000, San José, CR). Memorias. San José, Costa Rica. 6 p.
- 2 Caseley, JC; Parker, C. 2007. Manejo de malezas para países en desarrollo. Italia. Consultado 22 mar 2008. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/T1147S/T1147S00.htm>
- 3 Chaparro, AJ. 2002. Preparación de tierras. In Seminario de Adecuación de Tierras (2002, CO). Memoria. Cali, Colombia, TECNICAÑA. p. 16-20.

- 4 Guerra, G. 1992. Manual de administración de empresas agropecuarias. San José, costa Rica, IICA. 579 p.
- 5 Guillen, BV. 2009. Manejo de plagas en caña de azúcar (entrevista). La Democracia, Escuintla, Guatemala, Ingenio Magdalena, Asistente del Área de Plagas.
- 6 Ingenio Magdalena, GT. 2007. Producción de caña (en línea). Guatemala. Consultado 21 mar 2008. Disponible en <http://iasmag.imsa.com.gt/inow/web/guest/azucardeguatemala>
- 7 Leonardo, Á. 1998. Manual para la identificación y manejo de las principales malezas en caña de azúcar en Guatemala. Guatemala, CENGICANA. 131 p.
- 8 Lezama, PT. 2007. Maleza-*Phyllanthus niruri* L. (en línea). México. Consultado 22 mar 2008. Disponible en <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/euphorbiaceae/phyllanthus-niruri/fichas/pagina1.htm>
- 9 Monterroso L, LM. 2000. Estudio de la reducción de dosis de herbicidas postemergentes utilizadas en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* spp.), Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 49 p.
- 10 Navarro Sosa, M. 1994. Diagnostico de la situación actual de los cultivos, su diversificación, uso de agroquímicos y asesoría técnica; y actitudes que manifiestan los habitantes de los caseríos El Jardín, Valencia Centro y Hierbabuena del cantón Valencia del municipio y departamento de Jutiapa. EPSA Diagnostico. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 50 p.
- 11 Pérez, O; Ufer, C; Azañón, V; Solares, E. 2008. Estrategias para la optimización de los fertilizantes nitrogenados en el cultivo de caña de azúcar en Guatemala (diapositivas). Escuintla, Guatemala, CENGICANA. 25 diapositivas.
- 12 Quintero D, R; Jen Y, S; Castilla, C. 1984. Efecto de la cachaza en la producción de caña de azúcar en el valle del Cauca. In Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la caña de azúcar (1, 1985, Cali, CO). Memorias. Cali, Colombia, CENICANA. p. 255-265.
- 13 Soto, G. 1995. Prototipo varietal de caña de azúcar para la agroindustria azucarera guatemalteca. Escuintla, Guatemala, CENGICANA. 12 p. (Documento Técnico no. 5).
- 14 Soto, G; Orozco, H; Ovalle, W. 1998. Semilleros de caña de azúcar de alta calidad para la agroindustria azucarera de Guatemala. Escuintla, Guatemala, CENGICANA. 10 p.
- 15 Subiros, RF. 1995. El cultivo de la caña de azúcar. San José, Costa Rica, EUNED. 441 p.
- 16 Tisdale, SL. 1988. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Trad. por Jorge Balasch. México, UTHEA. 760 p.

1.9 ANEXOS

1.9.1 Anexo 1.1: Mapa general de la finca Santa Rita, La Democracia, Escuintla.

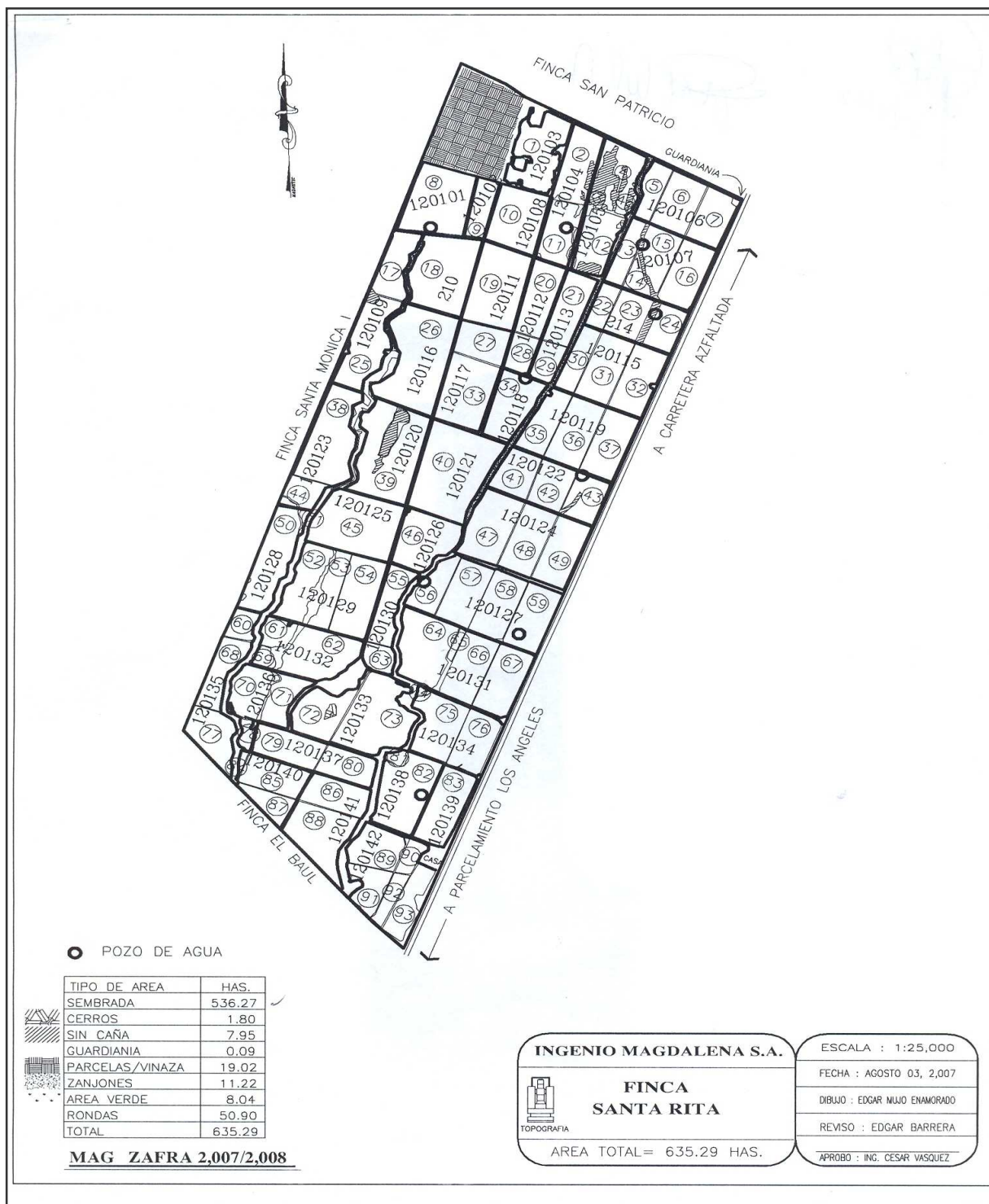


Figura 2A. Mapa general de la Finca Santa Rita.

1.9.2 ANEXO 1.2: Determinación del valor de importancia en una comunidad vegetal.

En cualquier comunidad vegetal siempre van a existir diferente número de especies (con abundancia variable) que caracterizan a la misma, pero cada una de ellas compite en luz, CO₂, agua, nutrimentos, espacio y otros. Las especies que sean más eficientes en lograr aprovechar esta energía serán las dominantes, ya que tendrán bajo su control el sistema, teniendo a su disposición los factores antes mencionados, asegurando su sobrevivencia. Entonces, cada una de las especies que conforman dicha comunidad en forma descendente, serán incluidas desde las más eficientes hasta las menos eficientes, en aprovechar la energía del sistema. La forma práctica de determinar este comportamiento ecológico en las comunidades es, por medio de la obtención de valores de importancia según Cottam de cada una de las especies que componen a la comunidad.

El valor de importancia de Cottam, es la suma de: la frecuencia relativa, la densidad relativa y la cobertura o área basal relativa de cada especie (Monterroso, L. 2000). Este valor revela la importancia ecológica relativa de cada especie mejor que cualquiera de sus componentes y el valor máximo de éste es de 300. (F. Relativa % + D. Relativa % + C. Relativa).

a) Frecuencia (Fi)

La frecuencia se expresa como porcentaje del número de unidades muestrales en las que la especie aparece (mi) en relación con el número total de muestreos (M).

$$Fi. = (mi/M) * 100$$

b) Densidad (D)

La densidad es el número de individuos (N), en un área determinada (A).

$$D = N/A * 100$$

c) Cobertura (C)

Es el área (Ai) de terreno en porcentaje, ocupada por la proyección perpendicular de las partes aéreas de los individuos de la especie considerada en relación con el área de la unidad muestrala (A).

$$C = Ai/A * 100$$

CAPITULO II. INVESTIGACIÓN

**EVALUACIÓN DE DOS FUENTES NITROGENADAS SOBRE EL RENDIMIENTO DE
CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*) EN LA FINCA POLONIA, LA
DEMOCRACIA, ESCUINTLA.**

**EVALUATION OF TWO NITROGENOUS SOURCES ON THE YIELD OF CANE OF
SUGAR (*Saccharum officinarum*) ON THE FARM POLAND, LA DEMOCRACIA,
ESCUINTLA.**

2.1 PRESENTACIÓN

El cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) tiene gran importancia para Guatemala ya que contribuye con el desarrollo agrícola e industrial y crea una gran diversidad de empleos, generación y captación de divisas. Dentro de la gama de tecnología que requiere el cultivo, la fertilización juega un papel muy importante, la cual es una práctica común en los ingenios. La constante exigencia de la producción plantea la necesidad de nuevas técnicas y metodologías en busca del mejor aprovechamiento de los recursos, más economía en las inversiones y rendimientos superiores de las cosechas (Reinozo, 2003).

En Guatemala anualmente se aplican alrededor de 20000 Tm de N en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en una superficie de 210000 hectáreas, y cada vez este rubro es mas impactante en los costos de producción debido a la escalada de precios de los fertilizantes nitrogenados en los últimos años teniendo un incremento mayor al 100%. Esto preocupa al sector azucarero por lo que se pretende buscar otras fuentes de nutrimentos, siendo una de estas el uso de fertilizantes orgánicos (Pérez et al, 2008).

La gallinaza es un fertilizante orgánico que resulta de la acumulación de excretas, plumas y alimento sobre un material usado como cama, con un alto valor nutritivo determinado por los ingredientes usados en la formulación de dietas para aves, ésta contiene cantidades considerables de materia orgánica (15.82%) y es una fuente importante de nutrimentos como nitrógeno, fósforo, potasio y otros (Miliarium.com, 1999).

El nitrógeno bien sea en forma de nitrato de amonio (34.5%), urea (46%), o como fertilizante compuesto, es aplicado en el 85% de los ingenios a razón de dosis entre 80 y 170 Kg N.ha⁻¹, y se usa tanto en plantilla como en caña soca. La presente investigación se realizó en la finca Polonia ubicada en La Democracia, Escuintla y tuvo una duración de 11.5 meses, iniciando en mayo del año 2008 y finalizó en abril del año 2009. El propósito de esta investigación fue evaluar tres niveles de gallinaza y tres niveles de urea como fuentes de N sobre el rendimiento de caña y azúcar.

Los resultados de la presente investigación mostraron que para las variables de respuesta; rendimientos de caña (Tm.ha⁻¹), azúcar (Kg.Tm⁻¹) y concentración de N, P, K, no se encontraron diferencias significativas al 0.05 para los niveles de gallinaza y urea evaluados como fuente N.

2.2 MARCO TEORICO

2.2.1 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1.1 Importancia económica de la caña de azúcar

Guatemala cuenta aproximadamente con 108, 890 km² de área total, de los cuales 2,671.77 km² pertenecen al cultivo de la caña de azúcar. La agroindustria azucarera guatemalteca representa el 23.82% del valor total de la producción agrícola guatemalteca y 13.65% de las exportaciones totales del país, siendo el segundo sector económico que más divisas genera (IMSA, 2008).

Durante el 2008, el azúcar y la melaza produjeron un ingreso de US\$ 406.7 millones, representando alrededor del 3% del PIB nacional. Asimismo, se generaron 350000 empleos directos e indirectos durante la zafra, siendo 62000 empleos directos, de los cuales 33000 corresponden a cortadores y personal de apoyo (IMSA, 2008).

En América Latina y El Caribe, Guatemala se encuentra como segundo exportador y cuarto productor. A nivel mundial, es el quinto exportador y segundo en productividad por hectárea cultivada (IMSA, 2008).

2.2.1.2 Orígenes de la caña de azúcar

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) es una gramínea originaria de la India. En China apareció 800 años antes de Cristo y se utiliza en el pago de tributos y contribuciones (Flores, 1976).

Se reporta que Cristóbal Colon es su segundo viaje en 1493 introdujo esta planta al continente americano, siendo en la isla La Hispaniola (ahora República Dominicana), donde se fabricó por primera vez azúcar en 1509.

Para el caso de Guatemala, es Pedro de Alvarado al que se le atribuye la introducción, siendo cerca de San Jerónimo Verapaz en donde se establecieron los primeros molinos y luego se extendió hacia el sur de la Antigua Guatemala hasta Escuintla y Santa Rosa (Flores, 1976).

2.2.1.3 Ecología del cultivo

La caña de azúcar es un cultivo que se adapta a un rango bastante amplio de condiciones climáticas; pero se desarrolla mejor en condiciones tropicales cálidas con amplia radiación solar. La temperatura óptima para este cultivo oscila entre los 25 y 28 grados centígrados. Una alta temperatura, en conjunto con alta humedad del suelo y aire, favorece el desarrollo vegetativo del cultivo. Por lo contrario un ambiente seco y cálido promueve la maduración de la planta (Quintero, Jen y Castilla, 1984).

En cuanto a los suelos se refiere, el cultivo crece bien en diferentes tipos de suelos, pero prefiere los suelos francos o franco-arcillosos, bien drenados y profundos. El pH óptimo es 6.5 (ligeramente ácido), aunque tolera suelos ácidos e incluso alcalinos. La existencia de un pH próximo o menor de 4.5, la acidez del suelo limita la producción, principalmente por la presencia del aluminio intercambiable y micronutrientes como hierro y manganeso que puede ocasionar toxicidad y muerte de la planta (Quintero, Jen y Castilla, 1984).

2.2.1.4 Dinámica del nitrógeno en el suelo

En todos los suelos, y de forma continua, existen considerables entradas y salidas de nitrógeno, acompañadas de muchas transformaciones complejas. Algunos de estos cambios pueden controlarse más o menos por el hombre, mientras otros están más allá de su control. El conjunto de todos estos procesos constituye una parte importante del ciclo general del nitrógeno en la naturaleza (Navarro y Navarro, 2003).

El nitrógeno presente en suelos cultivables procede de materiales diversos: restos de cultivos, abonos verdes, estiércol, fertilizantes comerciales y nitratos aportados por lluvias, así como por la fijación del nitrógeno atmosférico realizada por ciertos microorganismos (Navarro y Navarro, 2003).

Según Navarro y Navarro (2003), gran parte del nitrógeno incorporado al suelo sufre grandes transformaciones antes de ser utilizado por los vegetales superiores. Las proteínas son degradadas, originando productos de descomposición más sencillos y finalmente, parte del nitrógeno aparece en forma de nitrato. Aún entonces no queda sin transformar, pues es apropiado tanto por los microorganismos como por las plantas superiores para construir sus estructuras proteicas, o reducido, en determinadas condiciones, a su estado elemental.

Las pérdidas se deben a la absorción del cultivo, a la erosión, lixiviación y a su volatilización en condición gaseosa, tanto en forma elemental como en forma de óxidos o de amoníaco (Navarro y Navarro, 2003).

Según Navarro y Navarro (2003) la dinámica del nitrógeno en el suelo está, altamente influenciada por tres grandes procesos, cada uno de los cuales depende, a su vez, de un conjunto de secuencias íntimamente ligadas entre sí. La distribución de estos procesos puede resumirse en la forma siguiente:

2.2.1.5 Ganancias de nitrógeno por el suelo

- a) Fijación del nitrógeno atmosférico por microorganismos que viven libremente en el suelo
- b) Fijación del nitrógeno atmosférico por *Rhizobium* u otras bacterias simbióticas.
- c) Aportes por el agua de lluvia y nieve.
- d) Aportaciones de nitrógeno en fertilizantes, estiércol y plantas verdes (Navarro y Navarro, 2003).

2.2.1.6 Transformaciones del nitrógeno en el suelo

- a) Aminificación, o degradación bioquímica de las proteínas y otros compuestos complejos nitrogenados en aminoácidos y aminas.
- b) Amonificación, o transformación bioquímica de los aminoácidos y aminas en amoníaco.
- c) Nitrificación, u oxidación bioquímica del amoníaco a ácido nítrico.
- d) Síntesis proteicas de los microorganismos del suelo, a partir de los compuestos que se originan en el transcurso de los anteriores procesos (Navarro y Navarro, 2003).

2.2.1.7 Pérdidas de nitrógeno en el suelo

- a) Desnitrificación, o reducción bioquímica de los nitratos bajo condiciones anaeróbicas.
- b) Reacciones químicas de los nitritos bajo condiciones aeróbicas.
- c) Pérdidas por volatilización del amoníaco, principalmente en suelos alcalinos, cálidos y húmedos.

- d) Lixiviación de nitratos.
- e) Asimilación de los nitratos por las plantas superiores.
- f) Fijación del amonio por las arcillas con entramado en expansión y en suelos con alto contenido en materia orgánica (Navarro y Navarro, 2003).

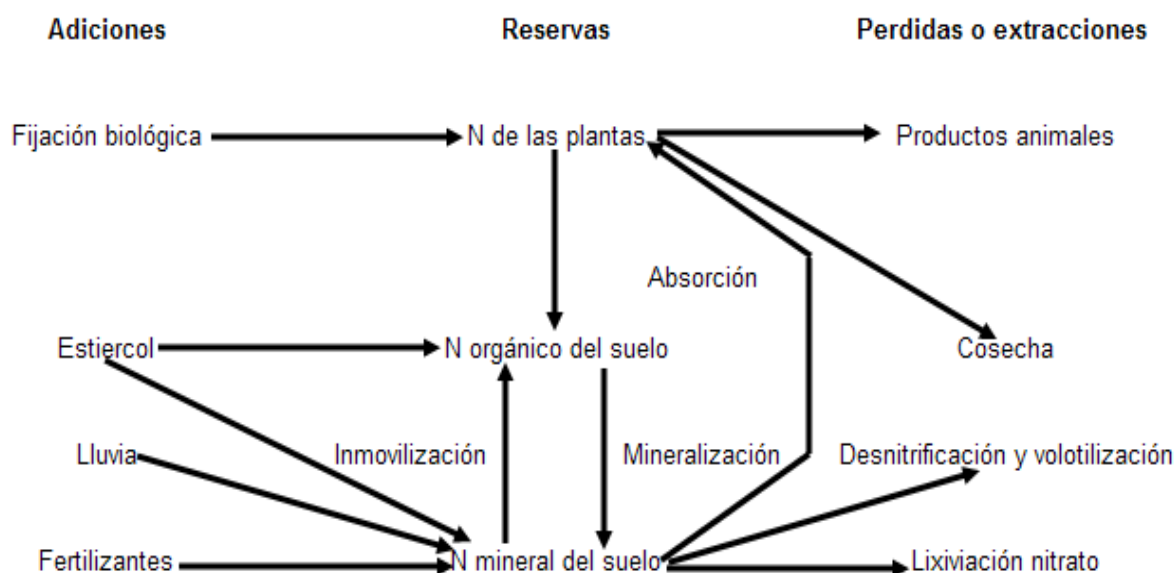


Figura 3. Adiciones, reservas y pérdidas de nitrógeno en el suelo.

Fuente: Tecnun.es, 2007.

2.2.1.8 Nitrógeno en el suelo

El nitrógeno que se halla en el suelo, prescindiendo del que pueda estar en forma elemental como nitrógeno gaseoso en la atmósfera o agua del suelo, o absorbido en las superficies de los sólidos en pequeña proporción, puede ser generalmente clasificado como inorgánico y orgánico, siendo esta última forma la predominante (Navarro y Navarro, 2003).

El nitrógeno inorgánico del suelo incluye las formas: NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , N_2O , NO . Se cree también que existe NH_2OH , pero como compuesto intermediario en la formación de nitritos a partir del amoníaco, y en determinadas circunstancias.

Las formas nitrito y nitrato se encuentran exclusivamente, o casi exclusivamente, como iones libres en la disolución del suelo. La amónica, en su mayor parte, se encuentra como amonio cambiante y no cambiante, y solamente en pequeña proporción en la

disolución del suelo. Ordinariamente, el amonio cambiante y el contenido en la disolución del suelo, junto con las formas nitrito y nitrato, constituyen en conjunto menos del 2% del nitrógeno total en los suelos. Estas formas son, sin embargo, de gran importancia, pues son las utilizadas por las plantas (Navarro y Navarro, 2003).

Según Navarro y Navarro (2003), el nitrógeno orgánico se halla como proteínas, aminoácidos libres, amino azúcares y otras sustancias complejas, en gran parte no identificadas. Estas últimas se originan en las distintas etapas de la humificación y son altamente resistentes a su degradación.

2.2.1.9 Nitrógeno en la planta

Si se exceptúa el caso de las leguminosas y de algunos otros organismos vegetales, capaces de fijar el nitrógeno molecular atmosférico por vía simbiótica microbiana, y las pequeñas cantidades de amoníaco gaseoso que las partes aéreas de las plantas pueden fijar de la atmósfera en determinados momentos, es en el suelo donde la mayor parte de las plantas cultivadas encuentran el nitrógeno que les es necesario (Navarro y Navarro, 2003).

Las proteínas y compuestos relacionados con esta, constituyen en gran parte la materia nitrogenada depositada en el suelo a la muerte del vegetal, junto con la añadida al mismo de otras procedencias, son directamente de poco valor para las plantas superiores.

Pero este material, por la acción de los microorganismos del suelo, es degradado y transformado sucesivamente, mediante un conjunto de procesos químicos y bioquímicos, dando lugar a productos simples, que aparecen casi siempre en forma de compuestos amónicos, nitrosos y nítricos. Bajo estas formas, y mediante su sistema radicular, la planta absorbe el nitrógeno que le es necesario para la síntesis de sus tejidos. Aproximadamente, se considera que este elemento constituye el 2% en peso seco de las plantas (Navarro y Navarro, 2003).

Los mayores contenidos de nitrógeno en las plantas se encuentran en los tejidos jóvenes. A medida que la planta avanza en edad, la proporción de celulosa aumenta, el porcentaje de nitrógeno disminuye y se eleva la relación C/N. Las hojas suelen ser más ricas en nitrógeno, pero su valor disminuye durante la floración. De todas las especies, la leguminosas son las que están mejor provistas de nitrógeno (Navarro y Navarro, 2003).

En la planta, el nitrógeno se encuentra fundamentalmente bajo forma orgánica. Las materias nitrogenadas de reserva están esencialmente constituidas por proteínas, que difieren según las especies vegetales (Navarro y Navarro, 2003).

En los órganos vegetativos, tales como las hojas, se encuentra al lado de proteínas cloroplastidiales o citoplasmáticas, del 20 al 40% de nitrógeno bajo la forma soluble, en gran parte como aminoácidos libres, y también como aminoácidos amidados (asparragina y glutamina). Bajo estas formas, las sustancias nitrogenadas sintetizadas en la hoja contribuyen a la síntesis de las proteínas (Navarro y Navarro, 2003).

El nitrógeno puede hallarse en la planta bajo forma inorgánica, compuestos amónicos, nitritos y nitratos, pero solamente constituyendo una pequeña proporción del total. Los nitratos se encuentran siempre en cantidades más o menos importantes cuando en la planta se presentan anomalías metabólicas que impiden la síntesis proteica. El tallo de las plantas parece ser el lugar preferente de almacenamiento. Los valores máximos suelen observarse en el periodo que precede inmediatamente a la floración (Navarro y Navarro, 2003).

2.2.1.10 Funciones del nitrógeno en la planta.

El nitrógeno le imprime el color verde intenso a las plantas, fomenta el crecimiento rápido, aumenta la producción de hojas, aumenta el contenido proteínico en los cultivos de alimentos y forrajes.

El nitrógeno es un compuesto esencial de las células vivas y se encuentra principalmente en las partes jóvenes de la planta en estado de crecimiento. Es absorbido por las plantas en forma de nitrato (NO_3^-) y amonio (NH_4^+); ya dentro de esta, se reduce y pasa a formar carbohidratos que componen algunas proteínas. El nitrógeno es necesario para la síntesis de la clorofila y, como parte de la molécula de clorofila, tiene un papel trascendental en el proceso de la fotosíntesis. La falta de N y clorofila significa que el cultivo no utilizará la luz del sol como fuente de energía para llevar a cabo funciones esenciales como la absorción de nutrientes (Tisdale, 1988).

Su deficiencia en la planta, se distingue por una coloración verde amarillas en las hojas inferiores, al existir una deficiencia severa, se seca las puntas de las hojas y este secado avanza hacia la parte media de la hoja por la nervadura central. También es

notado un bajo desarrollo de cepas y número de tallos por metro lineal (Quintero, Jen y Castilla, 1984).

2.2.1.11 Fertilizantes nitrogenados

A. Urea

La urea es muy concentrada y contiene 46% de N, todo soluble en el agua. En el suelo, la urea es rápidamente convertida en amoníaco por los microorganismos. Sin embargo, su aplicación requiere excepcionalmente buenas prácticas agrícolas para evitar, en particular, las pérdidas por evaporación de amoníaco en el aire. Esta pérdida puede evitarse incorporando la urea, cuando las temperaturas sean bajas, o regar inmediatamente después de aplicada para que ésta penetre en el suelo (CENGICAÑA, 1994).

Según Cooke (1981) donde la urea no es incorporada en el suelo, pero es dejada en la superficie del suelo, las pérdidas sustanciales por evaporación de amoníaco ocurrirán, particularmente en suelos alcalinos (suelos con un alto valor pH).

Ordinariamente la urea cristalizada es higroscópica y difícil de manejar, aunque si se granula puede almacenarse y aplicarse a voleo o cualquier otra manera en forma satisfactoria. En algunos países se hacen mezclas de urea y caliza granulada que se manejan bien y siendo menos concentradas son fáciles de aplicar (Cooke, 1981).

B. Sulfato de amonio

El Sulfato de amonio contiene 21% de nitrógeno (N) y 23 por ciento de azufre, es soluble en el agua y actúa rápidamente. Se usa preferentemente en cultivos irrigados y donde el azufre debe ser aplicado. El nitrógeno se encuentra en forma de NH_4^+ , y puede ser asimilado por las plantas. Si permanece en el suelo largo tiempo pasa a la forma nítrica (NO_3^-), que también es absorbida por las plantas. El sulfato de amonio elimina el calcio del suelo.

Aproximadamente una tonelada de piedra caliza molida (o su equivalente) es pérdida por cada tonelada de sulfato de amonio usada. Este efecto aunque no importa en los suelos calizos se debe considerar en los que tienden a ser ácidos después de que este fertilizante (o los compuestos que contienen sales de amonio) han sido usados por

algún tiempo; en tales casos es indispensable encalar con el fin de conservar al suelo neutro (Cooke, 1981).

C. Nitrato de amonio

Contiene el 33.5-34.0% de N la mitad del N es en forma de amonio (NH_4^+) y la otra mitad en forma de nitrato (NO_3^-). Si bien es cierto que el nitrato de amonio sólido tiene condiciones de manejo excelentes, el mismo absorbe humedad, de modo que no puede dejarse en sacos abiertos o depósitos abiertos por mucho tiempo en climas húmedos. El nitrato de amonio es muy conveniente para mezclas y para aquellos cultivos que requieren aplicaciones en bandas a lado y lado (Cooke, 1981).

Algunas desventajas de este producto, es que es un producto higroscópico; su contenido de N es (33.5-34.0%) inferior a la urea; ofrece mayor susceptibilidad a las pérdidas por lixiviación; ofrece algún peligro de fuego o explosión (Cooke, 1981).

2.2.1.12 Fertilizantes orgánicos como fuente de nitrógeno

A. Gallinaza

La gallinaza es una mezcla de los excrementos de las gallinas con los materiales que se usan para cama en los gallineros los cuales son ricos en nitrógeno y muchos otros nutrimentos. Los abonos de las aves o gallinaza, varían en su composición, de acuerdo con el tipo de ave que los produce, la forma en que son criadas y su alimentación. La mezcla de la gallinaza con arena baja su concentración, así mismo la exposición prolongada o el mal almacenaje, ocasiona una pérdida seria de nitrógeno (Cooke, 1981).

La gallinaza es rica en nitrógeno y fósforo pero baja en potasio, el nitrógeno de este abono no es más efectivo que las 2/3 partes de los fertilizantes inorgánicos suministrados; el fósforo es insoluble en agua y actúa lentamente. La gallinaza fresca puede contener de 0.9% a 1.5% de N, mas o menos 1% de P_2O_5 y de 0.4 a 0.6 % de K_2O . Se ha calculado que la gallinaza deshidratada y libre de cualquier material extraño, contiene alrededor de 2% de N, 2% de P_2O_5 y 1% de K_2O (Cooke, 1981).

La aplicación es este abono trae gran beneficio, ya que mejora la infiltración de agua de riego, en aquellos suelos pesados, mejora la estructura de suelos, da condiciones

óptimas para un mejor desarrollo de raíces, mejor aireación y favorece el desarrollo de microorganismos benéficos del suelo (Gutiérrez, 2000).

B. Estiércol animal

La calidad del estiércol depende de su contenido de nutrimentos y éstos dependerán del origen del abono y cómo se le ha manipulado. La mayoría de los nutrimentos en el estiércol provienen del alimento que haya tomado el ganado y, sólo una pequeña proporción proviene de la paja de las “camas”. Como el ganado en engorde recibe en alimentos más ricos en nutrimentos, en comparación con el ganado joven y el de ordeño, el estiércol que produce él es también más rico (Cooke, 1981).

Se debe cuidar el estiércol, para evitar las pérdidas de sus nutrimentos. El nitrógeno se pierde como gas amoníaco cuando el estiércol acumulado es volteado y también cuando es llevado al campo y se deja sobre la tierra por algún tiempo, antes de que sea incorporado al suelo. Tanto el nitrógeno como el potasio son perdidos en el purín que ocurre en el estiércol acumulado; si esta pérdida continúa por mucho tiempo, el abono se convertirá en un material pobre. El estiércol acumulado no se debe voltear, se deben de mantener lo más compacto que sea posible y deberán tener alguna protección de la lluvia, como una cubierta de pasto en las partes superiores del montón, esto reduce las pérdidas de nutrientes por lavado (Cooke, 1981).

Al preparar el abono, se debe usar suficiente paja como para que absorba toda la orina; si se aplica agua para descomponer la paja adicional, la cantidad se debe restringir de tal manera que no haya escurrimientos. Cuando el estiércol es llevado al campo, se debe extender e incorporar al suelo cuanto antes, pues los investigadores daneses han demostrado que aun el retraso de un día en labor de arado para enterrar el estiércol, puede traer como resultado una pérdida de amoníaco que reduce el valor del estiércol (Cooke, 1981).

2.2.1.13 Dosis de nitrógeno para la zona cañera de Guatemala en base a los contenidos de materia orgánica.

Para la zona cañera de Guatemala con base en los criterios de la materia orgánica (M.O.) definidas y las respuestas del cultivo encontradas en las diferentes pruebas

elaboradas por CENGICAÑA se encuentran recomendaciones de dosis de nitrógeno. Estas recomendaciones se encuentran en el cuadro 10.

Cuadro 10. Recomendaciones de nitrógeno (Kg N.ha⁻¹) para los suelos derivados de ceniza volcánica de Guatemala.

MO %	Plantía (Kg N.ha ⁻¹)	Soca (Kg N.ha ⁻¹)
< 3.0	80	120 – 170
3.0 – 5.0	60 – 80	100 – 140
> 5.0	60	85 – 110

Fuente: CENGICAÑA, 2007.

En el Cuadro 10 se observa que las recomendaciones de dosis de nitrógeno para las plantías son menores que los requeridos para la soca. En cañas plantías hay un mayor aporte de nitrógeno aprovechable del suelo debido a las condiciones favorables para el desarrollo de microorganismos que oxidan la MO por las labores de preparación de la tierra que se realiza normalmente en las renovaciones. En la soca los aportes nitrógeno del suelo disminuyen por efectos negativos de la compactación. De tal manera que en plantía en suelos con contenidos bajos de materia orgánica (MO<3.0%) se recomienda aplicar 80 Kg N.ha⁻¹. En tanto que en suelos con contenidos altos (MO>5.0%) se recomienda aplicar 60 Kg N.ha⁻¹ (CENGICAÑA, 2007).

En el caso de soca las recomendaciones indican que en suelos con contenidos bajos de materia orgánica (MO< 3.0%) las recomendaciones varían de 120 a 170 Kg N.ha⁻¹. En esta categoría se ha estimado que por cada toneladas de caña se requiere aplicar alrededor de 1.14 Kg de nitrógeno para tener producciones óptimas. Como recomendación general la dosis de nitrógeno debe de fluctuar entre 120 Kg N.ha⁻¹ en lotes menos productivos hasta 170 Kg N.ha⁻¹ en lotes altamente productivos (150 Tm.ha⁻¹ o más). Para los suelos con contenidos medios de materia orgánica (3.0 – 5.0%) se recomienda aplicar de 100 a 140 Kg N.ha⁻¹ como se indica en el Cuadro 10. En este rango de materia orgánica se ha estimado que el cultivo requiere 1.0 Kg N por tonelada de caña producida. Al igual que en el caso anterior la dosis de N puede estimarse según la productividad utilizando los valores correspondientes de Kg N.Tm⁻¹ de caña producida. Y en el caso de suelos con contenidos altos de materia orgánica (>5.0%) se recomienda aplicar de 85 a 110 Kg N.ha⁻¹ (CENGICAÑA, 2007).

2.2.2 MARCO REFERENCIAL

El trabajo se realizó en la finca Polonia, ubicada en el municipio de la Democracia, Escuintla.

2.2.2.1 Descripción del sitio experimental

Esta Finca se encuentra ubicada según sus coordenadas latitud norte: 14° 1' 54" y longitud este: 90° 56' 20", está a una altura de 24 msnm. Esta colinda al norte con finca La Flor y Campo Libre, al sur con finca El Mirador y Luceros, al este con Varsovia II y Miraflores, al oeste con Santa Fé y El Carmen. La finca cuenta con una extensión de 959.08 has de las cuales se tienen sembradas con caña de azúcar 856.73 has. En promedio la finca recibe al año 2074.80 mm de precipitación pluvial. La humedad relativa promedio anual es de 72.74 %, y la temperatura media anual es de 26.91 °C.

Los suelos presentes en finca Polonia son de textura franco arenoso y se encuentran clasificados como Entisoles, estos son suelos menos evolucionados y ocupan un 16% del área cañera de Guatemala. Suelos jóvenes, característicos de relieve escarpados y planos, tiene malas características físicas y bajo contenido de materia orgánica, poca profundidad de los suelos asociada a su pedregosidad y la deficiencia de humedad en el perfil. Se encuentran en los valles y explayamientos aluviales en forma de fajas angostas y largas con ampliaciones en el cuerpo y pie de los abanicos cercanos a la costa. Tiene poca o ninguna evolución y muy poca o ninguna evidencia de desarrollo de horizontes genéticos. Son suelos permeables de textura gruesa y arenosa. El subsuelo es generalmente arenoso y gravilloso incluidas las vetas arenosas. Presenta déficit de agua durante la estación seca (Orozco, H. et al. 1995).

En el Cuadro 11 se presenta el análisis químico del suelo donde se realizó la investigación. En dicho Cuadro apreciamos que el pH del suelo casi en neutro; el contenido de fósforo (P) y el de potasio (K), calcio (Ca), cobre (Cu), y Zinc (Zn) son adecuados. El contenido de materia orgánica es considerablemente aceptable.

Cuadro 11. Análisis químico de suelos de la finca Polonia, La Democracia, Escuintla, Guatemala.2008.

Identificación	pH	ppm		Meq.100gr ⁻¹		ppm				%
		P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	M.O.
Rango medio	-	12-16	120-150	6-8	1.5-2.5	2-4	4-6	10-15	10-15	-
Muestra 1	6.9	56.46	138	5.62	2.72	3	4	63.5	20.5	2.33

Nota: Análisis efectuado por el laboratorio de suelos-planta-agua "Salvador Castillo Orellana". 2008

2.2.2.2 Características generales de la variedad CP88-1165

Hábito de crecimiento de tallos semirrectos, follaje escaso, deshoje natural. Entrenudos de color rojizo con forma de crecimiento curvado ligeramente en zigzag, estos poseen un canal en el lado de la yema en todo el largo del entrenudo y todos los tallos se rajan.

Los nudos tienen forma de crecimiento obconoidal en el lado opuesto de la yema, la yema ovalada con alas. La vaina tiene un regular desprendimiento es de color verde con manchas moradas y rojas con poca presencia de afate. Lamina foliar con borde semiliso, aurícula de forma lanceolada larga y corta en la misma vaina también posee una lígula creciente lineal. Cuello de color verde oscuro y superficie lisa. La mayoría de vainas se concentra en un solo lado (Orozco, H. et al, 2004).

2.2.2.3 Fertilizante nitrogenado (urea)

La fuente de nitrógeno que se usó fue urea, que se produce mediante la reacción del amoniaco con dióxido de carbono bajo presión y temperatura elevada. Es un excelente material fertilizante, pero posee una rápida hidrólisis a carbonato amónico que puede perderse por volatilización, por lo que su colocación en el suelo debe ser adecuada. También puede perderse por lixiviación durante los 3 a 4 días después de su aplicación (Tisdale y Nelson, 1982).

2.2.2.4 Fertilizante orgánico (gallinaza)

La fuente de nitrógeno que se usó fue la gallinaza. El análisis de la misma se presenta en el Cuadro 12. El pH fue de 6.4, las cantidades de nitrógeno, fósforo y potasio se encontraron bajas, con un contenido de materia orgánica de 15.82 %.

Cuadro 12. Resultados del análisis químico de la gallinaza procesada usada en el experimento.

pH	%					ppm					(mS.cm ⁻¹)	Relación C/N	%	
	Nt	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Cu	Zn	Fe	Mn	Na	C.E.		Humedad	M.O.
6.4	1.39	1.53	1.5	4.55	0.66	25	185	1200	235	4750	41.1	6.6:1	20	15.82

Nota: Análisis efectuado por el laboratorio de suelos-planta-agua "Salvador Castillo Orellana".2008

2.2.2.5 Trabajos realizados sobre fertilización en caña de azúcar

Con el objeto de conocer el efecto de los macro nutrientes (N, P, K) sobre la caña de azúcar, Saravia 1990, realizó un ensayo de fertilización sobre suelos francos. Este ensayo fue conducido durante tres años de estudio, lográndose determinar que la dosis optima económica recomendable que puede suministrársele al suelo es de 149 Kg N.ha⁻¹. Durante la zafra 1993-1994, Pérez 1996, realizó un estudio exploratorio de N, P y K, con el fin de obtener información para poder priorizar y organizar la investigación en cada uno de estos nutrientes. Este estudio dio inicio con el establecimiento de ensayos de campo en diferentes ingenios y con diferentes tipos de suelos; los factores evaluados fueron: Nitrógeno (50, 100, 150 y 200 Kg N.ha⁻¹), Fósforo (50, 100 y 150 Kg P₂O₅.ha⁻¹ y potasio (50, 100 y 150 Kg K₂O.ha⁻¹). Para el año 1995, los resultados obtenidos durante el primer ciclo (plantía), reportaron efectos significativos de nitrógeno sobre la producción de caña en las fincas el Baúl con la variedad CP72-2086 y cañaverales del sur, con la variedad PR87-2080, siendo la aplicación de 150 kg N.ha⁻¹ la que mayor incremento reportó (Pérez, 1997).

2.2.2.6 Trabajos realizados utilizando gallinaza como fertilizante orgánico.

Concoha (1995), realizó un ensayo de niveles de nitrógeno, fósforo y gallinaza sobre el rendimiento de hierba mora en San Juan Sacatepequez, llegó a la conclusión de que los niveles de 65 y 93 Kg P₂O₅.ha⁻¹ y 650 y 1330 Kg.ha⁻¹ de gallinaza se observó la interacción de los factores de fósforo y gallinaza, el mayor rendimiento de biomasa en materia seca se obtuvo con 93 Kg P₂O₅.ha⁻¹ y 1330 Kg.ha⁻¹ de gallinaza.

Rodríguez (1993), en su ensayo de diferentes dosis de gallinaza procesada en el establecimiento de plantaciones de café en tres zonas de Guatemala, llegó a la conclusión

que al incorporar gallinaza procesada al momento del transplante, tiene un efecto positivo, y mejoró el desarrollo y la precocidad de las plantas, indicando que la adición de 3 libras de gallinaza (8 Tm.ha^{-1}) incremento un 42.5 % el número de primordios florales en relación al testigo; al igual mejoró el % de pegue lográndose un 91.2% de pegue cuando se aplicó 3 libras de gallinaza contra un 54.8% para el testigo y un 37.6% para el fertilizante químico.

Hernández (1995), en su evaluación de diferentes dosis y épocas de aplicación de fertilizante orgánico en comparación con la fertilización química convencional en pepino (*Cucumis sativas*), los tratamiento evaluados fueron: 1. Sin fertilización, 2. Dos Tm.ha^{-1} de gallinaza aplicando 50% 15 días antes de la siembra y 50% 15 días después de la siembra, 3. Dos Tm.ha^{-1} de gallinaza, aplicando el 100% al momento de la siembra, 4. Cuatro Tm.ha^{-1} de gallinaza, aplicando el 50% 15 días antes de la siembra y 50% 15 días después de la siembra, 5. Cuatro Tm.ha^{-1} de gallinaza, aplicando el 100% al momento de la siembra, 6. 100 Kg N.ha^{-1} y 150 Kg $\text{P}_2\text{O}_5.\text{ha}^{-1}$ aplicando el 50% de cada uno de estos elementos a la siembra y el resto 15 días después de la siembra y 7. Aplicación de 100 Kg N.ha^{-1} y 150 Kg $\text{P}_2\text{O}_5.\text{ha}^{-1}$ todo al momento de la siembra. Hernández (1995) encontró que la mejor producción comercial se obtuvo con la aplicación de 100 Kg N.ha^{-1} y 150 Kg $\text{P}_2\text{O}_5.\text{ha}^{-1}$ aplicando la mitad a la siembra y la otra mitad a los 15 días con 21.3 Tm.ha^{-1} . El segundo mejor tratamiento fue el de 4 Tm.ha^{-1} de abono orgánico aplicado todo al momento de la siembra con 19.6 Tm.ha^{-1} .

2.3 OBJETIVOS

2.3.1 OBJETIVO GENERAL

- Evaluar dos fuentes nitrogenadas sobre el rendimiento de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en finca Polonia, la Democracia, Escuintla.

2.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Evaluar el efecto de tres niveles de gallinaza y tres niveles de urea como fuentes de N, sobre el rendimiento de la caña de azúcar.
- Evaluar el efecto de los niveles gallinaza y urea como fuente de N sobre la concentración de N, P, K en la primera hoja de cuello visible de la caña de azúcar.
- Realizar un análisis económico con presupuestos parciales.

2.4 HIPOTESIS

- El nivel de 4959 Kg.ha^{-1} de gallinaza tendrá un mayor efecto sobre los rendimientos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) como fuente de N, con respecto a los demás niveles evaluados.

2.5 METODOLOGIA

2.5.1 Tratamientos evaluados

Para los niveles de gallinaza (1.39% N) y urea (46% N) evaluados se tomó en cuenta el análisis del suelo y el análisis químico de la gallinaza (Cuadro 11 y 12); así como también, los niveles con que se ha obtenido el mas alto rendimiento en otros trabajos de investigación. En el Cuadro 13 se detallan los niveles evaluados.

Los niveles de urea que se evaluaron fueron: 109, 217 y 326 Kg.ha⁻¹ y los niveles de gallinaza fueron: 1653, 3306 y 4959 Kg.ha⁻¹ y un octavo tratamiento que es una combinación de 130 Kg.ha⁻¹ de urea (60%) y 1322 Kg.ha⁻¹ de gallinaza (40%). Los niveles de cada fertilizante se incorporarán al suelo 30 días después del corte del cultivo.

El tratamiento 1, es el testigo absoluto, este no recibió aplicación de ninguna clase de fertilizante, quedando sometida únicamente a las prácticas de manejo agronómico que la finca realiza en el área.

Cuadro 13. Tratamientos evaluados en el experimento, niveles de gallinaza y urea en caña de azúcar a nivel de soca en finca Polonia.

Tratamiento	Fuente	Urea (Kg.ha ⁻¹)	Gallinaza (Kg.ha ⁻¹)	N (Kg.ha ⁻¹)	P205 (Kg.ha ⁻¹)	K20 (Kg.ha ⁻¹)	No. de Aplicación	Días de aplicación después del corte
1	Testigo	-	0	0	-	-	-	-
2	Gallinaza	-	1653	19	21	21	1	30
3	Gallinaza	-	3306	38	42	41	1	30
4	Gallinaza	-	4959	57	63	62	1	30
5	Urea	109	-	50	-	-	1	30
6	Urea	217	-	100	-	-	1	30
7	Urea	326	-	150	-	-	1	30
8	Urea (60%)+Gallinaza (40%)	130	1322	75	17	17	1	30

2.5.2 Diseño experimental

Los tratamientos seleccionados se evaluaron en un diseño experimental de bloques al azar, de 8 tratamientos con 6 repeticiones.

2.5.3 Tamaño de la unidad experimental

Cada unidad experimental tuvo las siguientes dimensiones 20 mts de largo y 9 metros de ancho (6 surcos), teniendo un área total de 180 m² (0.018 ha), el área de la parcela neta fué de 0.009 ha. (10 metros de largo x 9 metros de ancho). El distanciamiento

del cultivo de caña de azúcar que se manejó en esta finca fué de 1.5 metros entre surco. Para el experimento se utilizaron 48 unidades experimentales, con un área total de 0.864 ha, siendo el área útil 0.432 ha.

2.5.4 Variables de respuesta

- Rendimiento de caña ($\text{Tm} \cdot \text{ha}^{-1}$).
- Rendimiento de azúcar ($\text{Kg} \cdot \text{Tm}^{-1}$).
- Concertación de N, P, K en la primera hoja de cuello visible.

2.5.5 Descripción de las variables de respuesta

2.5.5.1 Rendimiento de caña ($\text{Tm} \cdot \text{ha}^{-1}$)

Para determinar el rendimiento de caña, se ubicó a un cortador por cada unidad experimental (180 m^2) indicándole el orden de colocación de la caña cortada. El corte se hizo en forma de maletas, las cuales se amarraron en una cadena para ser pesadas con ayuda de tractor con grúa adjunta, adicionándole una “romana” con capacidad de 25 quintales propiedad del departamento de investigación agrícola, para tomar el peso de la maleta de caña. El último paso fue desatar las maletas y la caña fué recogida a granel por medio de una alzadora. La cosecha del ensayo se llevo a cabo a los 11.5 meses de edad del cultivo. Para esta variable se estuvo trabajando con un nuevo método para estimados de producción (ver en anexo 2.3), que se realizó el 31 de marzo de 2009, y la que comúnmente se utiliza, la cual se hizo el 5 de abril del 2009.

2.5.5.2 Rendimientos de azúcar ($\text{kg} \cdot \text{Tm}^{-1}$)

El mismo día de la cosecha se realizaron los muestreos de precosecha en las unidades experimentales, tomándose muestras de caña por cada unidad experimental. Las muestras estuvieron formadas por 10 tallos molederos seleccionados al azar en los tres surcos centrales, los cuales se analizaron en el laboratorio de caña del Ingenio Magdalena, determinando los grados brix, pol y pureza.

Pol es la abreviatura de la palabra polarización. Es la lectura en la escala del polarímetro (grado Z). Es una muestra de solución normal de azúcar, la pol es igual al porcentaje en peso de sacarosa.

Pureza es la abreviatura de sacarosa contenida en los sólidos solubles, siendo denominada “pureza aparente” es una estimación calculada a partir de los valores de Brix y Pol. Las muestra de caña se picó y luego se tomaron 500 gr. de muestra de los que se colocaron en una prensa hidráulica y se presionó por espacio de 1 minuto, para obtener 200 ml de jugo (Reinozo, 2003).

El procedimiento para efectuar dichas mediciones fue la siguiente; medir 200 ml de jugo en un Beacker plástico de 250 ml, luego se adicionó una medida de subacetato de plomo en polvo, para así agitar la solución. Seguidamente se filtró la muestra a través de papel filtro Whatman no 1; decantar los primeros 10 ml del filtrado, el cual se coloca al tubo de polarímetro y se efectuó la medida, para luego realizar el siguiente cálculo:

- Pol de jugo=lectura polarimétrica * 26/ (0.3949 Lec Brix + 99.71)
- Pureza de jugo= pol jugo * 100 / Brix jugo

Los grados Brix se definen como el contenido porcentual de sólidos disueltos en el jugo y pueden medirse por refractometria y por hidrométrica. En el jugo la sacarosa y los azúcares reductores forman la mayor parte de los sólidos disueltos.

El procedimiento para la medición de los grados Brix fue el siguiente; se ajusta el refractómetro a 0 con agua destilada, luego se coloca en la unidad óptica la cantidad de muestra de jugo necesaria para tomar la lectura. Seguido se toma la lectura indicada en el refractómetro. Luego remover la muestra con ayuda de papel absorbente y limpiar el refractómetro con agua destilada. La lectura del Brix del jugo es la que el aparato registra directamente (Reinozo, 2003).

2.5.5.3 Concentración de N, P, K en la primera hoja de cuello visible.

Con el fin de determinar el estado nutricional de las plantas después de la aplicación de los tratamientos, se llevó a cabo un muestreo y análisis foliar a los 6 meses después de establecido el ensayo, pues de acuerdo con Anderson y Bowen recomiendan hacer los análisis foliares (plantilla y soca) en las edades comprendidas entre los 4 a 6 meses. Para llevar a cabo el muestreo se cortaron 15 hojas correspondientes a la última hoja con cuello visible de cada unidad experimental. Las hojas obtenidas se dividieron en tres partes; eliminando los extremos y considerando sólo el tercio medio de la hoja (Reinozo. 2003). A todas las láminas obtenidas del tercio medio se les eliminó la

nervadura central y se enviaron al laboratorio de CENGICAÑA en donde se les determinó la concentración de N, P, K.

2.5.6 Manejo del experimento

Para el manejo del experimento, no se incluyeron la preparación del terreno y la siembra de la caña de azúcar, porque el cultivo desde hace un año que se encontraba establecido.

2.5.6.1 Fertilización

La gallinaza y urea se aplicaron en banda a una distancia de 5 a 10 centímetros del cultivo y a una profundidad de 10 a 15 cm. Dichas aplicaciones se realizaron a los 30 días después del corte de la caña de azúcar. En el Cuadro 14 se presentan los niveles de gallinaza y urea aplicadas por cada unidad experimental.

Cuadro 14. Niveles de gallinaza y urea aplicados por unidad experimental, en la finca Polonia.

Tratamiento	Fuente	Urea (Kg.ha ⁻¹)	Gallinaza (Kg.ha ⁻¹)	N (Kg.ha ⁻¹)	P2O5 (Kg.ha ⁻¹)	K2O (Kg.ha ⁻¹)	Urea (kg.parcela ⁻¹)	Gallinaza (kg.parcela ⁻¹)
1	Testigo	-	0	0	-	-	-	-
2	Gallinaza	-	1653	19	21	21	-	29.75
3	Gallinaza	-	3306	38	42	41	-	59.51
4	Gallinaza	-	4959	57	63	62	-	89.26
5	Urea	109	-	50	-	-	1.96	-
6	Urea	217	-	100	-	-	3.91	-
7	Urea	326	-	150	-	-	5.87	-
8	Urea (60%)+Gallinaza (40%)	130	1322	75	17	17	2.34	23.8

2.5.6.2 Aplicación de riego

Se aplicó riego cuando fue necesario y el método utilizado fue por aspersión.

2.5.6.3 Control de malezas

Para el control de malezas aplicó una mezcla de herbicidas después del primer riego. Los herbicidas que se utilizaron son 2,4-D 7-20 ácido (1 lt.ha⁻¹), Gesapax 80 WP (2 lt.ha⁻¹) y Prowl (1.5 lt.ha⁻¹). La aplicación la realizó en bandas con bombas de mochila de presión constante y con boquillas Twin NET 8004.

2.5.6.4 Cosecha

La cosecha se realizó el 5 de abril de 2009 de forma manual.

2.5.7 Análisis de la información

2.5.7.1 Modelo estadístico

Para medir el efecto de los tratamientos en estudio, se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) a un nivel de significancia 0.05, con ayuda del programa estadístico SAS. (Sistema de Análisis Estadístico); para determinar si existía o no significancia estadística entre cada tratamientos. El modelo utilizado para efectuar el análisis de varianza para las variables: rendimiento de caña, rendimiento de azúcar y concentración de N, P, K. fue:

$$Y_{ij} = U + T_i + B_j + E_{ij}...$$

Donde:

Y_{ij} = Variable de respuesta de la ij-ésima unidad experimental.

U = Media general.

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento.

B_j = Efecto del j-ésimo bloque.

E_{ij} = Error experimental en la ij-ésima unidad experimental.

2.5.7.2 Análisis económico de la aplicación de urea y gallinaza

Se utilizó la metodología del presupuesto parcial, propuesto por Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (Little y Hills.1978), para los tratamientos evaluados (Ver anexo 2.2.).

La fórmula de la TRM es,

$$TRM = (\Delta BN / \Delta CV) * 100$$

-TRM =Tasa marginal de retorno

- ΔBN = Cambio en el beneficio neto

- ΔCV = Cambio en el costo variable

2.6 RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados de la variable de rendimiento de caña (Tm.ha^{-1}) y los obtenidos por el método de estimados de producción los cuales se presentan en el Cuadro 15. Comparando los resultados, se aprecia una diferencia promedio de 21.40 Tm.ha^{-1} , menor que las obtenidas por la metodología convencional, por lo que se considera que los datos obtenidos por el método de estimados deben de tomarse con mucha reserva.

Cuadro 15. Comparación de los rendimientos de caña de azúcar obtenidos por el método de estimados y de producción real.

Tratamientos	Rendimientos real de caña (Tm.ha ⁻¹)	Rendimientos estimados de caña (Tm.ha ⁻¹)	Diferencia (Tm.ha ⁻¹)	Producción real de caña (Tm)	Producción Estimada de caña (Tm)	Diferencia (Tm)	
1	81.88	58.75	23.13	0.74	0.53	0.21	
2	87.44	63.97	23.47	0.79	0.58	0.21	
3	89.37	63.22	26.15	0.80	0.57	0.24	
4	90.39	65.43	24.96	0.81	0.59	0.22	
5	77.20	61.57	15.63	0.69	0.55	0.14	
6	89.93	72.37	17.56	0.81	0.65	0.16	
7	83.96	68.71	15.25	0.76	0.62	0.14	
8	86.53	61.49	25.04	0.78	0.55	0.23	
promedio =			21.40	promedio =			0.19

Tm.ha^{-1} = toneladas métricas de caña por hectárea.

2.6.1 Rendimiento de caña (Tm.ha^{-1}).

En la Figura 4 se puede apreciar que los rendimientos de caña (Tm.ha^{-1}) obtenidos en la investigación, se encuentran por debajo de los rendimientos medios de caña (Tm.ha^{-1}) para la variedad CP-881165 a nivel nacional (Agroindustria) $103.33 \text{ Tm.ha}^{-1}$, dato promedio para la zafra 2008-2009 (Meneses, 2009).

De las dos fuentes evaluadas, los tratamientos que obtuvieron los más altos rendimientos de caña (Tm.ha^{-1}) fueron el tratamiento 4 (4959 Kg.ha^{-1} de gallinaza) con 89.39 Tm.ha^{-1} y el tratamiento 6 (217 Kg.ha^{-1} de urea) con 89.93 Tm.ha^{-1} (Ver Figura 4).

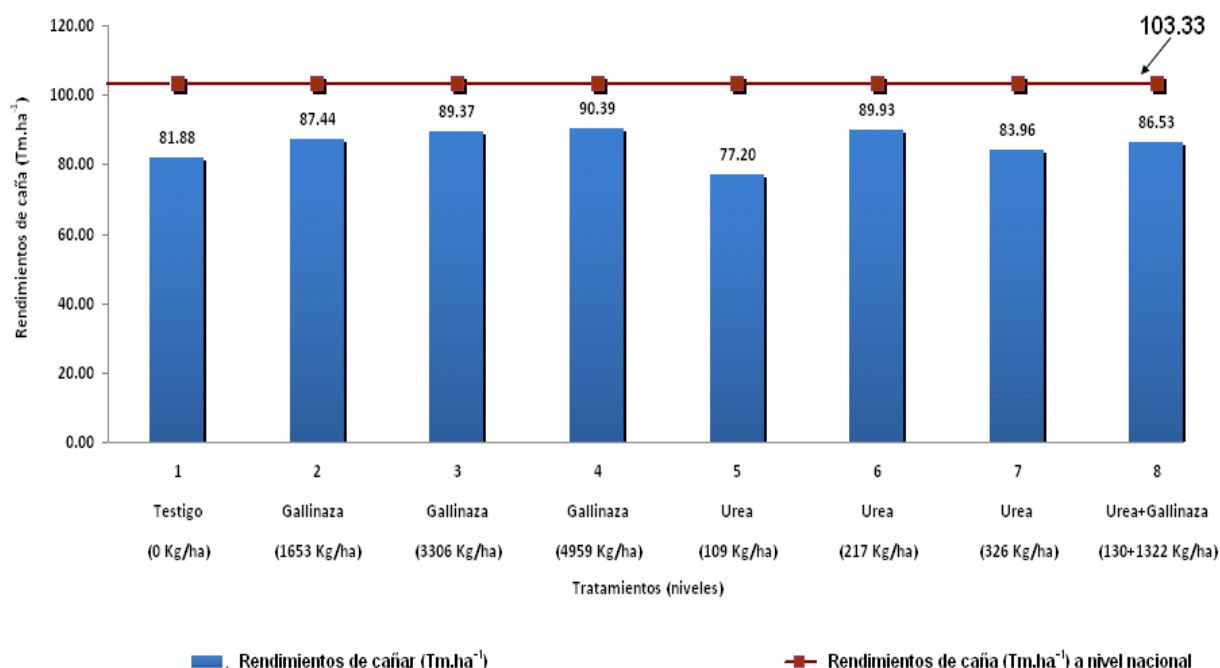


Figura 4. Rendimientos de caña de azúcar (Tm. ha⁻¹), ensayo niveles de gallinaza y urea.

En el Cuadro 16, se presentan los resultados del análisis de varianza (ANDEVA), para la variable rendimiento de caña (Tm.ha⁻¹) obtenido en la finca Polonia, por el efecto de diferentes niveles de gallinaza y urea como fuente de nitrógeno. Estos resultados indican que no existió diferencia significativa entre los rendimientos de caña (Tm.ha⁻¹), obtenidos por cada uno de los tratamientos que se evaluaron.

Cuadro 16. Análisis de varianza para el rendimiento de caña de azúcar (Tm.ha⁻¹).

FV	GL	SC	CM	FC	p-valor
Bloque	5	4162.89538542	832.57907708	4.93	0.0016
Tratamiento	7	880.25066458	125.75009494	0.74	0.6367
Error	35	5916.25939792	169.03598280		
Total	47	10959.40544792			

CV (%) = 15.14647

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; SC= Sumatoria de cuadrados; CM= Cuadrado medio; FC= F calculada; CV= Coeficiente de variación.

La no respuesta de los diferentes niveles de gallinaza y urea evaluados sobre el rendimiento de caña se pudo deber a la alta precipitación pluvial que se dio en la etapa donde se realizó la aplicación de las fuentes de N en la investigación (ver Cuadro 17), lo

que pudo influir a que se diera lixiviación del N especialmente en la fuente urea, repercutiendo en la baja disponibilidad afectando directamente los rendimientos, ya que a los 10 días de haber aplicado los niveles de gallinaza y urea existió una precipitación pluvial de 225 mm.

Cuadro 17. Precipitación pluvial (mm.día⁻¹), después de haber realizado el experimento en finca Polonia. 2008.

Año	Mes	Día	Actividad	Precipitación pluvial (mm.día ⁻¹)
2008	Abril	26	Primer corte del cultivo	0
	Mayo	15	Inicio de la investigación	0
	Mayo	26	Aplicación de los niveles de gallinaza y urea	6
	Mayo	27.	-	1
	Mayo	28	-	12
	Mayo	29	-	42
	Mayo	30	-	0
	Mayo	31	-	45
	Junio	1	-	16
	Junio	2	-	38.1
	Junio	3	-	38.9
	Junio	4	-	20.8

Fuente: Estación meteorológica San Patricio.

Cuadro 18. Rendimientos medios de caña (Tm.ha⁻¹) de las dos fuentes de nitrógeno evaluadas.

Fuente	Rendimientos medios de caña (Tm.ha ⁻¹)
Gallinaza	89.07
Urea	83.69
Testigo	81.88

En el Cuadro 18, se puede apreciar que las medias de las fuentes orgánicas (gallinaza), tienden a ser mayor que la urea y el testigo. La gallinaza superó al testigo absoluto por 7.19 Tm.ha⁻¹, mientras que la urea apenas supero al testigo absoluto por 1.81 Tm.ha⁻¹ de caña.

2.6.2 Rendimiento de Azúcar (kg.Tm⁻¹).

En el Cuadro 19, se presenta los rendimientos medios de azúcar en kilogramos por tonelada métrica de caña y en toneladas métricas de azúcar por hectárea. En dicho Cuadro se aprecia que los rendimientos se encuentran dentro de un rango de 162.08-176.54 Kg.Tm⁻¹ y de 12.60-15.05 Tm.ha⁻¹. Con respecto al rendimiento de azúcar (Tm.ha⁻¹), se observa que el tratamiento 4 presenta los mayores rendimientos (15.05 Tm.ha⁻¹), seguido del tratamiento 2 (1653 kg.ha⁻¹ de gallinaza) con 14.83 Tm.ha⁻¹.

Cuadro 19. Rendimientos medios de azúcar (kg.Tm⁻¹ y Tm.ha⁻¹), ensayo niveles de gallinaza y urea.

Tratamiento	Gallinaza (Kg.ha ⁻¹)	Urea (Kg.ha ⁻¹)	Fuente	Rendimientos de caña (Tm.ha ⁻¹)	Rendimientos de azúcar (Kg.Tm ⁻¹)	Rendimientos de azúcar (Tm.ha ⁻¹)
1	-	0	Testigo	81.88	176.54	14.45
2	1653	-	Gallinaza	87.44	168.97	14.83
3	3306	-	Gallinaza	89.37	162.08	14.50
4	4959	-	Gallinaza	90.39	166.74	15.05
5	-	109	Urea	77.20	164.11	12.60
6	-	217	Urea	89.93	163.10	14.68
7	-	326	Urea	83.96	168.54	14.09
8	1322	130	Urea+Gallinaza	86.53	166.64	14.41

Rendimientos de azúcar (Tm.ha⁻¹) = rendimientos de caña (Tm.ha⁻¹)*rendimientos de azúcar (Kg.Tm⁻¹)*1Tm.1000 Kg⁻¹

En la Figura 5, se observa que los rendimientos de azúcar (Tm.ha⁻¹) obtenidos por los diferentes niveles de gallinaza, urea y el testigo absoluto, se encuentran por arriba de los rendimientos promedios de azúcar (Tm.ha⁻¹) para la variedad CP-881165 a nivel nacional (Agroindustria) 11.34 Tm.ha⁻¹, dato promedio para la zafra 2008-2009 (Meneses, 2009). Además se observa que el tratamiento testigo absoluto (sin fertilizante) tuvo rendimientos de azúcar aceptables y sin diferencias respecto al tratamiento 5, 7 y 8.

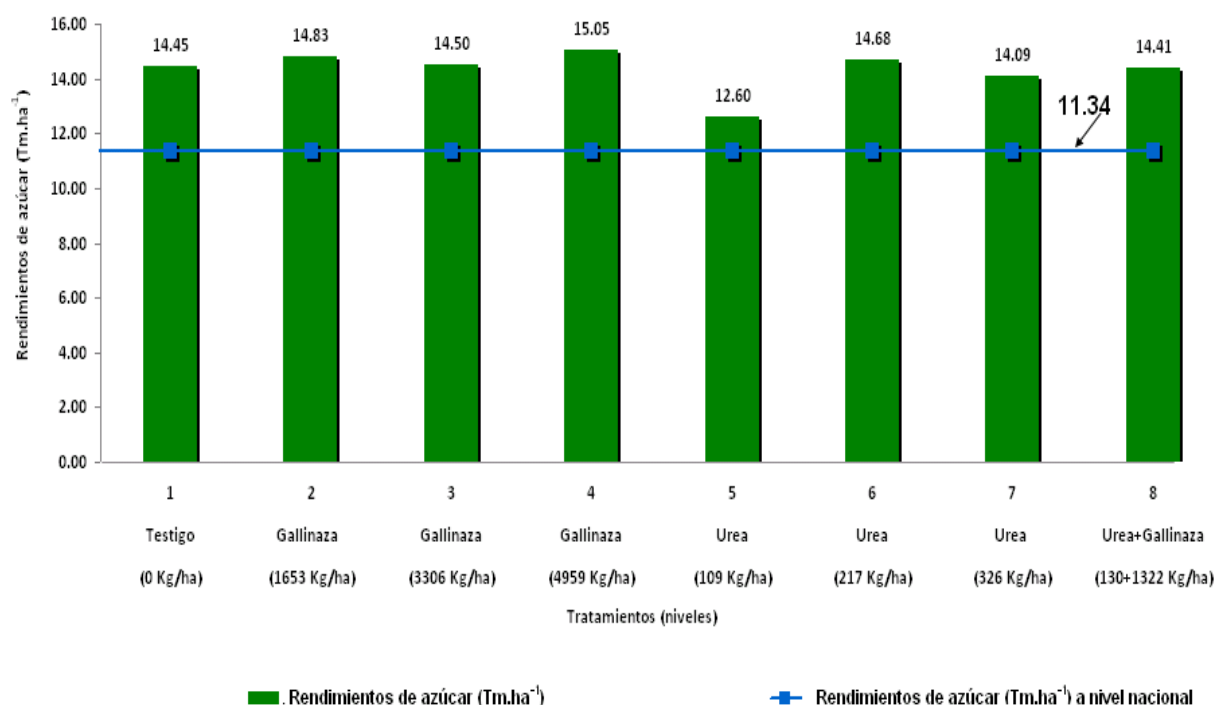


Figura 5. Rendimientos de azúcar (Tm.ha⁻¹), ensayo niveles de gallinaza y urea.

Cuadro 20. Análisis de varianza para el rendimiento de azúcar (Kg.Tm⁻¹).

FV	GL	SC	CM	FC	p-valor
Bloque	5	1612.19846667	322.43969333	2.17	0.0795
Tratamiento	7	870.33183333	124.33311905	0.84	0.5635
Error	35	5192.88856667	148.36824476		
Total	47	7675.41886667			

CV (%) = 7.289801

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; SC= Sumatoria de cuadrados; CM= Cuadrado medio; FC= F calculada; CV= Coeficiente de variación.

El ANDEVA realizado para el rendimiento de azúcar (Kg.Tm⁻¹), descrito en el Cuadro 20, indica que no existe significancia al 0.05, se concluye que para esta variable de respuesta, los niveles de gallinaza y urea evaluados no causaron un efecto sobre dicha variable.

2.6.3 Concentración de N, P, K en la hoja TVD (primera hoja de cuello visible).

El análisis del tejido foliar se realizó a la edad de siete meses de edad del cultivo de caña de azúcar y los resultados se presentan en el Cuadro 27A.

En el Cuadro 21, se muestran las medias de concentración de nitrógeno, fósforo y potasio en la hoja para los diferentes niveles de gallinaza y urea evaluados.

Cuadro 21. Concentración de nitrógeno en la hoja, por efecto de la aplicación de gallinaza y urea.

Tratamiento	Fuente	Urea (Kg.ha ⁻¹)	Gallinaza (Kg.ha ⁻¹)	N (Kg.ha ⁻¹)	P ₂ O ₅ (Kg.ha ⁻¹)	K ₂ O (Kg.ha ⁻¹)	Rango aceptable de 4-6 meses(%)		
							1.5-2.5 N (%)	0.15-0.25 P (%)	1-1.7 K (%)
2	Gallinaza	-	1653	19	21	21	0.8719	0.1736	0.3480
4	Gallinaza	-	4959	57	63	62	0.8554	0.1883	0.4481
7	Urea	326	-	150	-	-	0.8543	0.1793	0.4362
6	Urea	217	-	100	-	-	0.8528	0.1707	0.4129
8	Urea (60%)+Gallinaza (40%)	130	1322	75	17	17	0.7994	0.1737	0.4111
3	Gallinaza	-	3306	38	42	41	0.7950	0.1678	0.4018
5	Urea	109	-	50	-	-	0.7811	0.1684	0.3401
1	Testigo	-	0	0	-	-	0.7604	0.1720	0.3264

Fuente: Laboratorio CENGICANA

Los valores de concentración de N y K reportados en el tejido vegetal de los tratamientos, se encuentra por debajo de los rangos de suficiencia reportados para el cultivo. Esto se pudo deber a que el tiempo en que se realizó el muestreo fue mayor al recomendado (4-6 meses) para determinar el estado nutricional del cultivo. Debido, a que la concentración de estos elementos decrece en el tiempo.

El Cuadro 24A, 25A y 26A (ver en anexos 2.1), describe el ANDEVA para las variables de concentración de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). El ANDEVA para estas variables, indica que no existe significancia al 0.05, para la concentración de N, P, K reportadas en el tejido vegetal, por lo tanto los tratamientos evaluados no presentan un efecto significativo sobre estas variables de respuesta.

2.6.4 Análisis económico

Se realizó un análisis económico utilizando para ello la metodología de tasa marginal de retorno, iniciando con la elaboración del presupuesto parcial de todo el experimento (ver en anexos 2.2 la metodología).

Los costos de fertilizante para el año 2008 fueron Q.23.00 el quintal de gallinaza (Q. 0.506/Kg) y Q. 375.00 para el quintal de urea (Q.8.25/Kg). Para el año 2009 la

gallinaza estaba a Q. 42.50 el quintal (Q.0.935/Kg) y la urea a Q280.00 el quintal (Q.6.16/Kg), estos precios están sujetos a cambios, debido a que los precios para los fertilizantes en el mercado nacional no son estables.

Para el precio de la libra de azúcar cruda se consideró el promedio del precio mas bajo y el mas alto encontrado desde el mes de mayo del 2008 hasta el mes de abril del 2009, US\$ 0.11865/libra de azúcar cruda (ver Cuadro 28A). Para el tipo de cambio de dólar se utilizó el de la fecha 30 de abril de 2009, US\$ 1.00 = Q.8.10476 (Banco de Guatemala, 2009). Con los datos obtenidos y para analizar el comportamiento económico del ensayo, establecimos el análisis de dominancia comparando los valores de costos variables como podemos observar en el Cuadro 22.

Cuadro 22. Análisis de dominancia para tratamientos evaluados en el ensayo, niveles de gallinaza y urea, con los precios del año 2009.

Tratamiento	Fertilizante		Costos de fertilizante (Q.)		Rendimiento de azúcar (Tm.ha ⁻¹)	Q.		Observación de cambio de tratamiento	Conclusión de Observación
	Urea (Kg.ha ⁻¹)	Gallinaza (Kg/ha ⁻¹)	Fuente	Costo variable		Beneficio Bruto	Beneficio Neto		
1	-	0	Testigo	0.00	14.45	30,568.79	30,568.79	-	No Dominado
5	109	-	Urea	671.44	12.60	26,663.07	25,991.63	De T1 a T5	Dominado
6	217	-	Urea	1,336.72	14.68	31,060.37	29,723.65	De T1 a T6	Dominado
2	-	1653	Gallinaza	1,545.56	14.83	31,366.45	29,820.89	De T1 a T2	Dominado
7	326	-	Urea	2,008.16	14.09	29,807.02	27,798.86	De T1 a T7	Dominado
8	130	1322	Urea (60%)+Gallinaza (40%)	2,037.08	14.41	30,476.29	28,439.21	De T1 a T8	Dominado
3	-	3306	Gallinaza	3,091.11	14.50	30,675.65	27,584.54	De T1 a T3	Dominado
4	-	4959	Gallinaza	4,636.67	15.05	31,829.76	27,193.09	De T1 a T4	Dominado

Los datos anteriores en dominancia se analizaron en su totalidad por la importancia dentro del experimento, de saber la rentabilidad de todos los tratamientos evaluados, dándonos como resultado que las condiciones no dominadas corresponden a los mejores tratamientos.

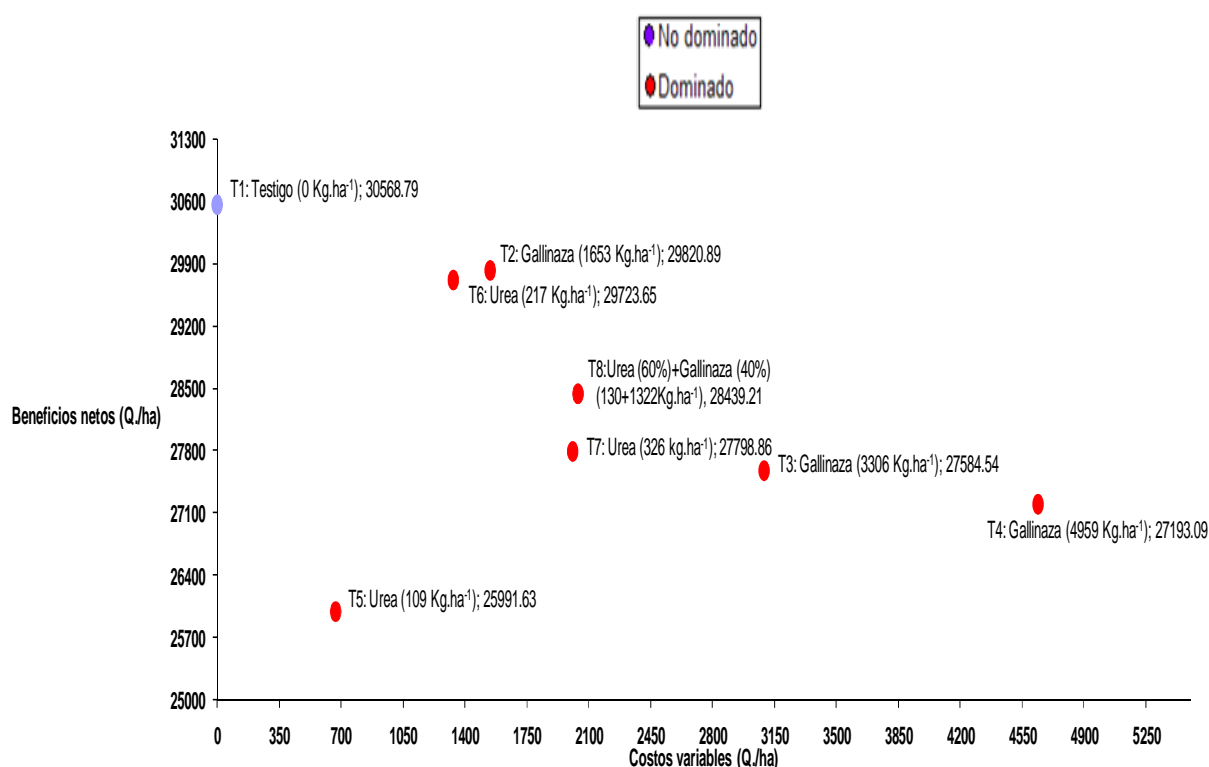


Figura 6. Análisis de beneficios netos para los tratamientos evaluados, precios del 2009.

El análisis de dominancia muestra (Figura 6), que el único tratamiento no dominado es el T1 (testigo= 0 Kg.ha⁻¹), con un beneficio neto de Q.30568.79/ha. El tratamiento 2 (1,653 Kg.ha⁻¹ de gallinaza) aunque fue dominado por el tratamiento 1 (testigo) es considerado como el segundo mejor tratamiento con un beneficio neto de Q. 29820.89/ha, seguido del tratamiento 6 (217 Kg.ha⁻¹ de urea) con un beneficio neto de Q. 29723.65/ha.

Para el caso de las fuentes evaluadas no se encontró un nivel tanto de gallinaza como de urea considerada económica.

Cuadro 23. Análisis de dominancia para tratamientos evaluados en el ensayo, niveles de gallinaza y urea, con los precios del año 2008.

Tratamiento	Fertilizante		Costos de fertilizante (Q.)		Rendimiento de azúcar (Tm.ha ⁻¹)	Q.		Observación de cambio de tratamiento	Conclusión de Observación
	Urea (Kg.ha ⁻¹)	Gallinaza (Kg.ha ⁻¹)	Fuente	Costo variable		Beneficio Bruto	Beneficio Neto		
1	-	0	Testigo	0.00	14.45	30,568.79	30,568.79	-	No Dominado
2	-	1653	Gallinaza	836.42	14.83	31,366.45	30,530.03	De T1 a T2	Dominado
5	109	-	Urea	899.25	12.60	26,663.07	25,763.82	De T1 a T5	Dominado
3	-	3306	Gallinaza	1,672.84	14.50	30,675.65	29,002.82	De T1 a T3	Dominado
8	130	1322	Urea (60%)+Gallinaza (40%)	1,741.54	14.41	30,476.29	28,734.74	De T1 a T8	Dominado
6	217	-	Urea	1,790.25	14.68	31,060.37	29,270.12	De T1 a T6	Dominado
4	-	4959	Gallinaza	2,509.25	15.05	31,829.76	29,320.50	De T1 a T4	Dominado
7	326	-	Urea	2,689.50	14.09	29,807.02	27,117.52	De T1 a T7	Dominado

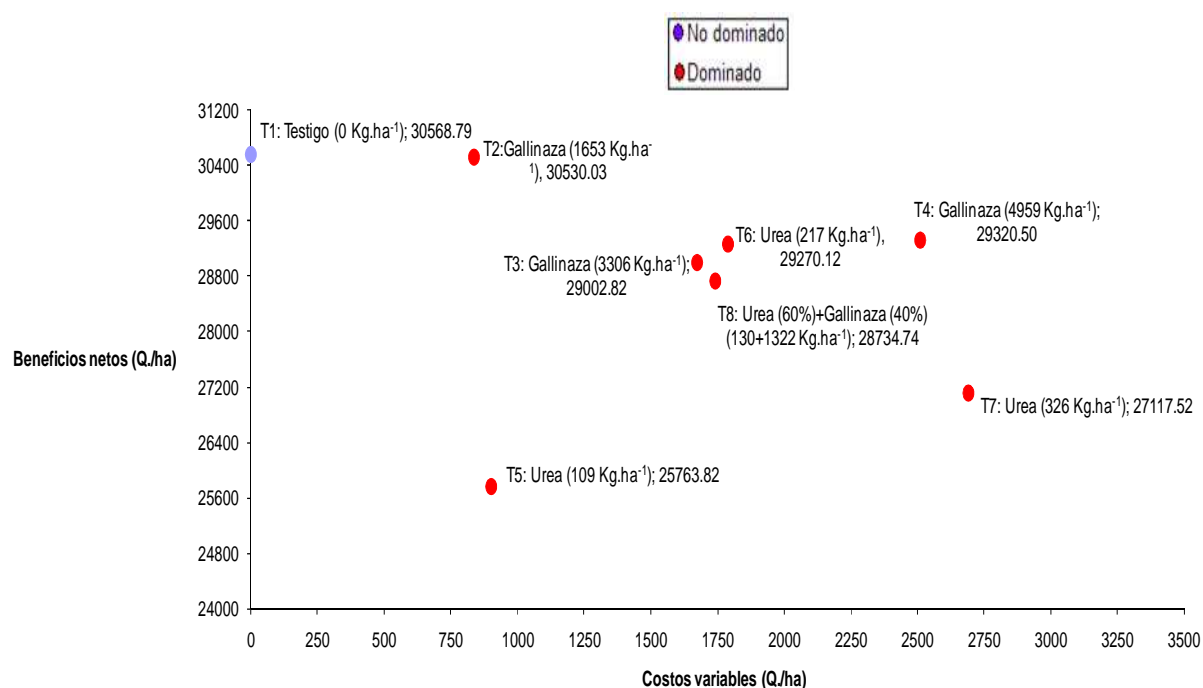


Figura 7. Análisis de beneficios netos para los tratamientos evaluados, precios del 2008.

Con los precios establecidos para el año 2008, el análisis de dominancia para los tratamientos evaluados (ver Cuadro 23 y Figura 7) sigue mostrando que el tratamiento 1 (testigo= 0 kg.ha⁻¹), es el único no dominado. En la Figura 5 se aprecia, que el tratamiento 2 (1653 Kg.ha⁻¹ de gallinaza) sigue considerándose como el segundo mejor tratamiento.

2.7 CONCLUSIONES

- Por los resultados obtenidos se deduce que el nivel de 4959 Kg.ha⁻¹ de gallinaza no tuvo el mayor efecto en el rendimiento de caña y azúcar como fuente de nitrógeno, con respecto a los demás niveles, por lo tanto se rechaza la hipótesis planteada.
- Los niveles de gallinaza y urea evaluados como fuentes de N, no presentaron diferencias significativas sobre el rendimiento de caña (Tm.ha⁻¹) y azúcar (Kg.Tm⁻¹), para la caña soca de la variedad CP88-1165, en suelos de Orden Entisol.
- Utilizando los niveles de gallinaza y urea como fuente de nitrógeno, no se encontró diferencia significativa sobre la concentración de N, P, K presentes en la primera hoja de cuello visible de la caña de azúcar.
- De acuerdo al análisis económico, el tratamiento 1 (0 Kg.ha⁻¹) fue el mejor con un beneficio neto de Q. 30568.79/ha, seguido del tratamiento 2 (1653 Kg.ha⁻¹ de gallinaza) con un beneficio neto de Q. 29820.89/ha y el tratamiento 6 (217 Kg.ha⁻¹ de urea) con un beneficio neto de Q. 29723.65/ha.

2.8 RECOMENDACIONES

- Bajo condiciones edáficas y climáticas similares al lugar donde se realizó la investigación se recomienda aplicar 1653 Kg.ha⁻¹ de gallinaza (19 Kg N.ha⁻¹) y como una segunda opción aplicar 217 Kg.ha⁻¹ de urea (100 Kg N.ha⁻¹) para mantener la fertilidad del suelo.
- Realizar otros estudios con niveles de gallinaza y urea que aporten (20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 N.ha⁻¹), incluyendo la combinación de ambas fuentes, en otros tipos de suelos y otras variedades comerciales de caña de azúcar.

2.9 BIBLIOGRAFÍAS

1. Anderson, DL; Bowen, JE. 1994. Nutrición de la caña de azúcar. Quito, Ecuador, Instituto de la Potasa y el Fósforo. 40 p.
2. BANGUAT (Banco de Guatemala, GT). 2009. Precio del dólar en Guatemala (en línea). Guatemala. Consultado 4 mayo 2009. Disponible en <http://www.banguat.gob.gt/inc/ver.asp?id=/cambio/T20090504>
3. CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, GT). 1994. Estudio semidetallado de suelos de la zona cañera del sur de Guatemala. Guatemala. 242 p.
4. _____. 2007. Guía de fertilización nitrogenada (en línea). Guatemala. Consultado 13 abr 2008. Disponible en <http://www.cengicana.org/Portal/Compartir/Noticias/Informes%20Especiales/GuiaFertilizacionN.html>
5. Concoha Chet, FE. 1995. Evaluación de niveles de nitrógeno, fósforo y gallinaza sobre el rendimiento de hierba mora (*Solanum* sp.) en San Juan Sacatepéquez, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 37 p.
6. Cooke, GW. 1981. Fertilizantes y sus usos. México, Continental. 180 p.
7. Flex-news-food.com. 2009. Perspectivas del azúcar para el 2009 (en línea). Costa Rica. Consultado 4 mayo 2009. Disponible en http://www.centralamericadata.com/es/article/home/Perspectivas_del_azucar_para_el_2009
8. Flores, S. 1976. Manual de caña de azúcar. Guatemala, Instituto Técnico de Capacitación y Productividad. 172 p.
9. Gutiérrez L, HL. 2000. Evaluación del efecto de niveles de nitrógeno y galinaza sobre el rendimiento de grano en dos cultivares de maíz (*Zea mays* L.), en la aldea Las Trojes, Amatitlán. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 68 p.
10. Hernández L, J. 1995. Evaluación de diferentes dosis y épocas de aplicación de fertilizante orgánico en comparación con la fertilización química convencional en pepino (*Cucumis sativas*) (en línea). Alajuela, Costa Rica. Consultado 15 abr 2008. Disponible en <http://www.inta.go.cr/inta4/publicaciones/pepino.pdf>
11. Ingenio Magdalena, Departamento de Investigación Agrícola, GT. 2008. Método para el estimado de caña producida en campo previo a la iniciación de zafra. Escuintla, Guatemala. 4 p.

12. _____. 2008. Azúcar de Guatemala (en línea). Guatemala. Consultado 03 Agosto 2009. Disponible en <http://iasmag.imsa.com.gt/inow/web/guest/azucardeguatemala>
13. Little, T; Hills, F. 1978. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. México, Trillas. 220 p.
14. Meneses, A. 2009. Comparación de productividad de variedades zafra 2007-2008 y 2008-2009 (diapositivas). Escuintla, Guatemala, CENGICAÑA. 85 diapositivas.
15. Miliarium.com. 1999. Código de buenas prácticas agrarias (en línea). España. Consultado 27 abr 2008. Disponible en <http://www.miliarium.com/Paginas/Leyes/eia/ccaa/madrid/R4-1999.asp>
16. Navarro, G; Navarro BS. 2003. Química agrícola: el suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. España. Consultado 28 jul 2009. Disponible en la página: <http://www.books.google.com.gt/books?isbn=848476155X>
17. Orozco, H; Queme, L; Castro, O; Catalán, M. 2004. Catálogo de variedades promisorias de caña de azúcar de la agroindustria azucarera guatemalteca. Guatemala, CENGICAÑA. 40 p.
18. Orozco, H; Soto, GJ; Pérez, O; Ventura, R; Recinos, M. 1995. Estratificación preliminar de la zona de producción de caña de azúcar (*Saccharum* spp) en Guatemala con fines de investigación en variedades. Guatemala, Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, Documento Técnico no. 6, 33 p.
19. Pérez, O. 1996. Estudio exploratorio de nitrógeno, fósforo y potasio en suelos Andisoles de Guatemala. Guatemala, Ingenio Pantaleón. 95 p.
20. _____. 1997. Avances de investigación en la fertilización de la caña de azúcar en Guatemala. *In* Curso nacional de post-grado (1, 1997, Guatemala). Memorias. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 112 p.
21. Pérez, O; Ufer, C; Azañón, V; Solares, E. 2008. Estrategias para la optimización de los fertilizantes nitrogenados en el cultivo de caña de azúcar en Guatemala (diapositivas). Escuintla, Guatemala, CENGICAÑA. 25 diapositivas.
22. Quintero D, R; Jen Y, S; Castilla, C. 1984. Efecto de la cachaza en la producción de caña de azúcar en el valle del Cauca. *In* Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la caña de azúcar (1, 1985, Cali, CO). Memorias. Cali, Colombia, CENICAÑA. p. 255-265.

23. Reyes Hernández, M. 2001. Análisis económico de experimentos agrícolas con presupuestos parciales: re-enseñando el uso de este enfoque. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, Centro de Investigación Agrosocioeconómica, CIAGROS, Boletín Informativo no. 1-2001. 31 p.
24. Rodríguez Hernández, LA. 1993. Evaluación de diferentes dosis de gallinaza procesada en el establecimiento de plantaciones de café (*Coffea arabica*) en tres zonas de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 54 p.
25. San Juan Reinozo, L. 2003. Efecto de la aplicación de fósforo en el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en primera soca, variedad PR-872080, en suelos Andisoles de la finca Cañaverales del Sur, Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 44 p.
26. Saravia Gómez, LF. 1983. Efecto del nitrógeno, fósforo y potasio en el cultivo de la caña de azúcar sobre la serie de suelos Guatecalate franco en Guatemala; informe preliminar. Guatemala, Asociación de Azucareros de Guatemala, Depto. Técnico. 85 p.
27. Tecnun.es. 2007. Eficiencia del nitrógeno en gallinaza (en línea). Consultado 28 abr 2008. Disponible en <http://www.tecnun.es/Asignaturas/Ecologia/TRABAJOS/AgricultGipuzk/Introducción.htm>
28. Tisdale, SL; Nelson, WL. 1982. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. México, UTEHA. 760 p.
29. _____. 1988. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Trad. por Jorge Balasch. México, UTEHA. 760 p.

2.10 ANEXOS

Cuadro 26A. Análisis de varianza para la concentración de K en la hoja TVD (primera hoja de cuello visible) de la caña de azúcar.

FV	GL	SC	CM	F	p-valor
Modelo	11	0.09	0.01	1.17	0.3525
Bloque	4	0.01	3.2E-03	0.45	0.7725
Tratamiento	7	0.08	0.01	1.58	0.1834
Error	28	0.20	0.01		
Total	39	0.29			

CV (%) = 21.59

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; SC= Sumatoria de cuadrados; CM= Cuadrado medio; FC= F calculada;

CV= Coeficiente de variación.

Cuadro 27A. Resultados de análisis foliar, ensayo niveles de gallinaza y urea como fuente de nitrógeno.

Repetición	Nutrimento	Tratamiento							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Nitrogeno (%).	0.74	0.85	0.95	0.76	0.92	0.69	0.93	0.83
	P (%).	0.18	0.17	0.17	0.18	0.17	0.18	0.20	0.19
	K (%).	0.39	0.35	0.35	0.38	0.37	0.47	0.42	0.37
2	Nitrogeno (%).	0.77	0.71	0.86	1.00	0.77	0.81	0.79	0.78
	P (%).	0.17	0.17	0.18	0.20	0.16	0.16	0.17	0.17
	K (%).	0.35	0.35	0.40	0.40	0.32	0.35	0.37	0.34
3	Nitrogeno (%).	0.72	0.79	0.77	0.86	0.82	1.25	0.90	0.95
	P (%).	0.18	0.17	0.17	0.19	0.16	0.19	0.17	0.17
	K (%).	0.36	0.34	0.36	0.49	0.31	0.42	0.39	0.45
4	Nitrogeno (%).	0.83	0.81	0.68	0.85	0.74	0.82	0.87	0.72
	P (%).	0.18	0.18	0.16	0.19	0.17	0.17	0.18	0.18
	K (%).	0.32	0.39	0.40	0.32	0.43	0.28	0.56	0.51
5	Nitrogeno (%).	0.73	1.20	0.72	0.81	0.66	0.69	0.78	0.72
	P (%).	0.15	0.17	0.16	0.18	0.18	0.16	0.17	0.16
	K (%).	0.21	0.30	0.51	0.66	0.26	0.55	0.44	0.38

Nota: Análisis realizado en el laboratorio de CENGICANA, 2009.

Cuadro 28A. Precio de la libra de azúcar cruda (centavos de dólar.libra⁻¹) para el año 2008 - 2009.

Año	Mes	Precio de libra de azúcar cruda (US\$)
2008	Mayo	0.10014
	Junio	0.13629
	Julio	0.13636
	Agosto	0.13636
	Septiembre	0.1199
	Octubre	0.11762
	Noviembre	0.11644
	Diciembre	0.11221
2009	Enero	0.12698
	Febrero	0.13056
	Marzo	0.1291
	Abril	0.13716

Fuente: Flex-news-food.com, 2009.

2.10.2 Anexo 2.2: Pasos para la elaboración de presupuestos parciales

- a) Identificación de los rubros de costos relevantes:

Esto no es más que identificar las fuentes de costos que varían.

- b) Estimación de los precios de campo de los insumos:

El precio de campo de un insumo es aquel precio que alcanza puesto en el terreno donde se usará.

$$PC_{ij} = PM_{ij} + CUC_j$$

En donde:

PC_{ij}: es el precio de campo del j-ésimo insumo

PM_{ij}: es el precio de mercado del j-ésimo insumo

CUC_j: son los costos unitarios de llevar el j-ésimo insumo al campo de cultivo

- c) Estimación de los costos que varían:

Esto se logra multiplicando los precios de campo de los insumos relevantes por sus niveles de uso en cada tratamiento y luego sumando un total.

n

$$CV_i = \sum_{j=1}^n PC_{ij} N_{ij}$$

j=1

En donde:

CV_i : es el costo que varía del i-ésimo tratamiento

PC_{lij} : es el precio del j-ésimo insumo empleado en el i-ésimo tratamiento

N_{lij} : el nivel de empleo del j-ésimo insumo en el i-ésimo tratamiento

d) Estimación de los precios de campo del producto:

El precio del producto a nivel de campo es aquel a que el agricultor podría vender su producción antes de cosecharla (Reyes, 2001).

$$PCQ = PMQ - CUCYC$$

En donde:

PCQ: es el precio de campo del producto

PMQ: es el precio de mercado del producto

CUCYC: son los costos unitarios de cosecha y comercialización

e) Estimación de los rendimientos ajustados:

$$\text{Rend Ajustado}_i = \text{Rendimiento Experimental}_i * (1 - \text{tasa de ajuste})$$

f) Estimación de los beneficios brutos de campo:

Como beneficio bruto de campo se conoce el valor bruto de producción, el cual se calcula multiplicando el precio de campo del producto por el rendimiento ajustado (Reyes, 2001).

$$BB_i = PCQ * \text{Rend Ajustado}_i$$

En donde:

BB_i es el beneficio bruto de campo del i-ésimo tratamiento

Las otras dos ya fueron definidas en las fórmulas anteriores

g) Estimación de los beneficios netos de campo:

Estos se obtienen de sustraer de los beneficios brutos de campo, los costos que varían.

$$BN_i = BB_i - CV_i$$

En donde:

BN_i: es el beneficio neto de campo del i-ésimo tratamiento

Las otras dos ya fueron definidas en las fórmulas anteriores

h) Realización del análisis de dominancia:

Este análisis es una simplificación del análisis de dominancia estocástica, y se utiliza para seleccionar los tratamientos que en términos de ganancias ofrecen la posibilidad de ser escogidos para recomendarse a los agricultores.

i) Cálculo de la tasa de retorno marginal (TRM):

Con los tratamientos no dominados, siempre organizados de menor a mayor de acuerdo con sus costos que varían, se obtienen los incrementos de costos y beneficios netos que resultan al cambiar de tratamiento. Luego, al dividir, el incremento de beneficios por su respectivo incremento de costos, se obtiene la tasa de retorno marginal (Reyes, 2001).

La fórmula de la TRM es, $TRM = (\Delta BN / \Delta CV) * 100$

2.10.3 Anexo 2.3: Método para el estimado de caña producida en campo previo a la iniciación de zafra.

Este método fue desarrollado en la estación experimental de Sudáfrica en 1966 y adaptado por el Instituto para el mejoramiento de la producción de azúcar (IMPA) de México en el año 1976. Estimaciones precisas podrán calcularse estadísticamente cuando se tenga información de los rendimientos de las zafra anteriores, régimen pluviométrico, efectos de la temperatura, luminosidad, fertilización, frecuencia de riegos, combate de plagas y control de malezas.

Este método está basado en dos parámetros:

1. Número medio de tallos por hectárea
2. Peso medio de tallos (tallos maduros+mamones molederos), determinados por muestreos al azar en las áreas de producción.

Planificación del muestreo:

Para el efecto se ha establecido efectuar un muestreo, realizando conteos de números de tallos molederos (tallos maduros+mamones molederos) en tres puntos escogidos al azar y en una longitud de 10 metros.

Determinando el punto de muestreo se procederá de la siguiente forma:

1. En la libreta de campo se anota lo siguiente:
 - Zona productiva
 - Finca
 - Lote
 - Área
 - Variedad
 - Ciclo
 - Edad
 - Distancia entre surcos
 2. En tres puntos al azar, se miden 10 metros de surco.
 3. Se hace un conteo de tallos molederos (tallos maduros y mamones molederos)
 4. En cualquiera de los 3 puntos de muestreo, se corta 1 metro de surco de caña y se pesan inmediatamente los tallos molederos.
 5. Con la información recabada durante el día se efectúan los cálculos en la oficina.
- a) Tallos por metro = $\frac{\text{No. De tallos en los 3 puntos}}{30 \text{ metros de surco}}$

Si se toman 2 muestras, se sumarán el número de tallos de los 6 puntos muestreados y se divide entre los 60 metros de surco.

b) De acuerdo al distanciamiento de siembra, se calcula la longitud de surcos por hectárea.

En siembras a 1.4 metros habrán 7,143 mts.

En siembras a 1.5 metros habrán 6,666 mts.

En siembras a 1.6 metros habrán 6,250 mts.

c) Cálculos de población / ha

Tallos / ha = No. Tallos/ metro x metros de surco/ ha

d) Calculo de peso / tallo:

Peso/tallo = (peso de tallos molederos (tallos maduros+mamones molederos) en 1 metro de surco)/ número de tallos molederos.

Si se toman 2 muestras será =
$$\frac{\text{Peso de tallos molederos de los 2 metros de surco}}{\text{No. De tallos molederos de los 2 surcos}}$$

e) Rendimiento / ha

Se determina multiplicando

Población (tallos/ha) x (peso / tallos)

f) Producción estimada se obtiene

Rendimientos/ ha x Área muestreada

CAPITULO III. SERVICIOS

3.1 SERVICIO 1

RESPUESTA DE LA VARIEDAD COMERCIAL CP- 881165 DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.) A DIFERENTES DOSIS Y ÉPOCAS DE APLICACIÓN DEL INHIBIDOR DE FLORACIÓN (ÁCIDO 2-CLOROETILO FOSFÓNICO), FINCA MIRAFLORES, LA DEMOCRACIA, ESCUINTLA.

3.1.1 PRESENTACIÓN

El departamento de investigación agrícola se encarga de buscar nuevas alternativas para aumentar el rendimiento de caña y azúcar de una manera económica. En la búsqueda de alternativas se montan una diversidad de ensayos para cada zafra, para esta zafra 2008-2009, además de otros ensayos se está trabajando con dosis y épocas de aplicación de Ethephon en variedades comerciales, este producto es un inhibidor de la floración. Estudios realizados sobre la inhibición de la floración en caña de azúcar en Guatemala han sido muy escasos o sin publicar, algunos ensayos realizados en el año 1993 por Najera (2005) aplicó Ethephon en cuatro dosis en seis épocas de aplicación, presentándose menor floración cuando se aplicó en el mes de agosto. Aunque otros autores han encontrado efectos adversos en la aplicación de Ethephon, bajo condiciones de la finca El Baúl, al ser aplicado en caña de la variedad CP-722086 (Xia, 2000).

La floración es una cadena del proceso fisiológico que incluye la iniciación floral, la organización floral, maduración y emergencia de la espiga. Este florecimiento tiene efecto perjudicial ya que da lugar a la formación de médula corchoza que influye en el proceso productivo. Últimamente las aplicaciones aéreas de Ethephon elevan el costo de producción en caña de azúcar especialmente las variedades altamente floreadoras, por esta razón se propone encontrar la dosis y época económica para la aplicación de Ethephon, por medio de equipos que simulen las aplicaciones aéreas del inhibidor de la floración (Ethephon) y con esto se reducirá el costo de producción del cultivo.

Por lo expuesto anteriormente, se evaluó el efecto por tres dosis de Ethephon en 3 épocas de aplicación, en la variedad comercial CP-881165 de caña de azúcar para inhibir la floración realizada en finca Miraflores. Este servicio se inició en mayo del 2008 y finalizó en abril del 2009. Se empleó un diseño experimental de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas con cuatro tratamientos y 4 repeticiones, siendo las variables de respuesta: porcentaje de floración, altura, diámetro de caña, número de lalas por caña, porcentaje de corcho, $Tm.ha^{-1}$ de caña y libras de azúcar por toneladas de caña.

Entre los principales resultados, se encontró que la dosis de 1.5 Lt.ha^{-1} fue la que obtuvo menor porcentaje de floración y que se debe de aplicar en la última semana de agosto (28/08/08).

3.1.2 MARCO TEÓRICO

3.1.3 MARCO CONCEPTUAL

Guatemala es uno de los principales exportadores de azúcar en el mundo (CENGICAÑA, 2007), comprende un área de mas de 200,000 hectáreas, ubicadas en cuatro departamentos de la Costa Sur del país. En la actualidad según Orozco y Catalán (2007), determinaron en el censo de variedades de Caña de azúcar, zafra 2006–2007 que la variedad CP-722086, sigue siendo la de mayor importancia (66.24%), así como CP-881165 (6.12%), CP-731547 (4.52%) y PGM-89968 (4.44%) entre otras.

La variedad CP-722086 se ha descrito como altamente floreadora bajo condiciones de los estratos medio y alto de la zona cañera Guatemalteca. Dentro de las variedades promisorias según Orozco y Catalán (2007) son: SP-792233, PR-61632, CG-9601(con mayor expansión y floración profusa), CG-9797, CG-9640, CG-9659, CG-96135.

El Centro Guatemalteco de Investigación de la Caña de Azúcar –CENGICAÑA-, ha determinado cuatro estratos altitudinales con fines de zonificación dentro de la zona cañera. El primero estrato denominado litoral (0-40 msnm), zona baja que oscila de los 40 a 100 msnm, zona media entre 101 a 300 msnm y estrato denominado zona alta mayor a 300 msnm.

3.1.3.1 La Floración en caña de azúcar

La caña de azúcar presenta dos fases de desarrollo. La primera es la fase vegetativa originada por la división celular continua en los puntos de crecimiento y la segunda es la fase reproductiva o floración (Najera, 2005). La floración marca el final del crecimiento del pedúnculo o tallo sobre el que nace la flor, puesto que la floración resulta de una modificación del meristemo terminal (Najera, 2005).

3.1.3.2 Etapas de la floración

Paliatseas y Chilton (1956) considera al fenómeno de la floración como un proceso complejo, en el que ocurre una serie de cambios metabólicos que obligan a su estudio en etapas: 1) Iniciación del primordio floral, 2) Organización floral: diferenciación y elongación de panícula; 3) Maduración de la panícula y 4) Emergencia de la panícula.

La iniciación del primordio se caracteriza por una serie de cambios histoquímicos en el ápice vegetativo; una transición del estado vegetativo a reproductivo y una zonificación de esos cambios en el ápice o domo meristemático.

En la organización floral ocurre la iniciación del eje del primordio de la inflorescencia, el ápice aumenta en peso y tamaño, por último el primordio floral comienza a ramificarse en espiral. En la tercera etapa se forma el raquis floral y ocurre la elongación de la inflorescencia. Por último ocurre la emergencia de la panícula o inflorescencia. Muchos investigadores tratan a la floración en caña de azúcar como un fenómeno aislado, en general, tomando la etapa de iniciación floral como el único momento crítico.

Paliatseas y Chilton (1956) sugirieron que muchas de las investigaciones en el control de la floración para esa época fueron en el llamado control de la inducción. Puntualizaron que la floración es una secuencia de distintos procesos fisiológicos y que los factores ambientales tienen diferentes efectos sobre los diversos estados de la floración.

Clements y Awada (1965) determinaron que variedades florecen por un periodo de varios meses, lo hacen debido a que no todos los primordios se inician al mismo tiempo; de igual manera concluyeron que cuando el meristemo vegetativo cambia al estado reproductivo no hay formación de nuevas hojas.

Chu y Serapion (1971) estudiaron la iniciación y emergencia de las inflorescencias en 78 variedades de caña en Puerto Rico, demostrando una estrecha correlación entre el tiempo de la inducción floral y emergencia de la inflorescencia en variedades tempranas y tardías, mas no en variedades intermedias.

3.1.3.3 Factores que intervienen en la floración de la caña de azúcar

Dentro de los factores claves se encuentra el fotoperíodo, factor primario en conducir la floración, siendo este moderado por la interacción entre las plantas con la humedad, la nutrición y temperatura así como también el tiempo oportuno de riego puede fomentar mas la floración (Moore 1987; Moore y Nuss, 1987). Por otro lado el efecto negativo del incremento de la fertilización nitrogenada y la variación en la respuesta clonal a niveles de nitrógeno fue demostrado por Gosnell (1973), aunque esto requiere de mayor atención (Berding, *et al.*, 2004), este demostró que dobles dosis de nitrógeno reducen y decaen la emergencia de la panícula.

Uno de los productos mas utilizados es el ácido 2-cloroetilo fosfónico actúa como un biorregulador que estimula positivamente el desarrollo tisular del tallo, en especial las células parenquimáticas del tallo, parámetro histológico que repercute favorablemente en el aumento de la biomasa fresca, además indica que como biorregulador del crecimiento, provoca un marcado efecto en el desarrollo del floema, (Marrero, *et al.*, 2004).

Los reguladores de crecimiento actúan sobre la caña de azúcar modificando o retardando algún aspecto del crecimiento (Alexander, 1973), El Ethephon (Acido 2-cloroetilo fosfónico) es un regulador del crecimiento vegetal que actúa liberando etileno en el interior de las plantas. Su uso en el cultivo de la caña de azúcar como inhibidor de la floración (Coletti, *et al.*, 1986).

3.1.3.4 Fotoperiodo

Está definida como el número de horas luz que recibe una planta diariamente y es uno de los factores determinantes en el proceso que se produzca o no la floración. La caña de azúcar se clasifica entre las plantas de periodos cortos que florecen sólo si el periodo de luz se hace mas corto que el periodo crítico.

Viveros *et al.*, estudiaron el efecto de diferentes longitudes del día constantes sobre la inducción de variedades de floración temprana, tardía y de escasa o nula floración y evaluaron un total de 72 variedades. Los resultados indicaron que los tratamientos de 12 y 12.5 horas de duración del periodo luminoso indujeron la floración, sin lograr determinar cuál fue la mejor. Con 12 horas los porcentajes de inducción oscilaron entre 68.9% y 83%. Y con 12.5 horas este porcentaje vario de 77% a 84.7%. Viveros y colaboradores determinaron que el tratamiento óptimo de fotoperiodo es de 12 horas y 25 minutos, suministrando la luz artificial en la mañana y en forma fija sin disminuir la longitud del día.

3.1.3.5 Temperatura

Las temperaturas que se registran durante el día afectan de una forma indirecta a la floración de la caña de azúcar. Estudios realizados en Brasil, se verificó un efecto acumulativo de temperaturas debajo de 18 °C en floración de caña de azúcar; observándose que la floración fue afectada por cinco noches a esas temperaturas, siendo

que diez noches perjudican la florecencia, en mas de diez noches con temperaturas inferiores a 18°C inhiben la floración de caña de azúcar (Castro, 1997).

Viveros en trabajos experimentales realizados en casa de fotoperiodos han demostrado que las temperaturas nocturnas deben ser mantenidas entre 21.11 y 26.66 °C. Viveros (1991) citando a Brett por Nuss indica que temperaturas nocturnas superiores a 24 °C e inferiores a 21°C reducen la iniciación floral. Temperaturas nocturnas por debajo de 18.33 °C con no inductivas y su efecto sobre la floración es similar a los causados por la interrupción de la noche con la luz.

3.1.3.6 Humedad del suelo

Viveros, indica que la humedad del suelo y la temperatura tienen estrecha relación con el movimiento del agua en la planta para regular las condiciones ambientales internas y participar en las reacciones bioquímicas y en relación con la floración es el responsable de la translocación de ciertos metabolitos. Viveros, indica que el estrés por humedad afecta la fotosíntesis lo cual puede afectar el proceso de floración.

3.1.3.7 Efectos de la floración en caña de azúcar

Una vez que el punto de crecimiento del tallo es inducido a cambiar del estado vegetativo al estado reproductivo, no se forman más hojas ni entrenudos y se interrumpe el crecimiento adicional (Ingenio Pantaleón).

Si se inicia la floración, los entrenudos que se encuentran debajo forman tejidos medulosos que contienen poco o ningún jugo y por consiguiente poco o ningún azúcar. Dependiendo del tiempo que transcurra entre el periodo de inducción y la cosecha, este problema progresa hacia abajo del tallo, y ha habido 20% a 30% de pérdida de azúcar. La floración también induce el crecimiento de retoños sobre los entrenudos y esto también contribuye a la perdida en la calidad de la caña. La medulosidad que resulta debido al florecimiento creara problemas en el molino. Además de producir menos azúcar, los tejidos medulosos de la caña florecida pueden retrasar el proceso de decantación. Esto causa costosos retrasos durante los puntos máximos en la molienda (Ingenio Pantaleón).

Los efectos de la floración en caña de azúcar pueden ser en la formación de brotes aéreos, tejido corchoso del tercio medio hacia arriba, peso de los tallos y un ligero

incremento de la fibra (Rincones y Rodríguez, 1986), aunque se indica que la floración de caña de azúcar induce a incrementar la calidad del jugo (Rodríguez, *et al.*, 1985).

La floración en siembras comerciales de caña de azúcar se hace indeseable porque:

- a) Detiene el crecimiento del tallo al no producirse más entrenudos.
- b) La cosecha tiene que hacerse antes de los cuatros o cinco meses después de iniciada la floración.
- c) La floración se ha constituido en un elemento importante dentro de la materia extraña que va a la fábrica, dificultando el proceso de extracción de azúcar (Rodríguez, *et al.*, 1985).

La importancia en inhibir la floración radica en que el tallo continua su crecimiento, contando al momento de la cosecha, con mayor cantidad de entrenudos que los tallos floreados y como consecuencia de ello, la ausencia de entrenudos corchosos, sobre todo en el tercio superior (Rincones, 1992)

En Guatemala se han realizado estudios de dosis del ingrediente activo de producto comercial, reportando dosis que equivalen a 1.5 lt de producto comercial (Ethephon, Bayer). Aunque estas dosis son producto de casas comerciales, lo cual deben investigarse más a fondo. Algunos autores recomiendan evitar excesos de dosis ya que se pueden obtener resultados contraproducentes (López, 2007). Tal como lo indica Xia, (2000) utilizando dosis entre 1.5 y 2.0 lt.ha⁻¹, representaron un efecto negativo al manifestar emergencia de brotes laterales en el tallo (lalas).

Por lo tanto uno de los desafíos importantes a nivel agronómico es la investigación sobre productos reguladores de crecimiento y que actúen en la inhibición de la floración, es por ello que este proyecto pretende desarrollar investigación para determinar el momento oportuno, edad y variedad de caña de azúcar, combinada con aspectos climáticos, que interactúan en el proceso de floración, como una alternativa para solucionar y aclarar ciertas dudas de resultados inesperados en el tema de la inhibición de la floración en variedades actuales y promisorias, disminuyendo así las pérdidas provocadas por el apareamiento de corcho en los tallos como consecuencia de la floración y mejorar la productividad de azúcar por hectárea (Najera, 2005).

3.1.4 MARCO REFERENCIAL

3.1.4.1 Localización y descripción del área experimental.

El experimento se realizó en la finca Miraflores, esta se encuentra en el municipio de La Democracia, Escuintla. La finca se encuentran a una altura de 30-45 msnm, recibiendo en promedio 1856.23 mm de precipitación pluvial por año.

Los suelos pertenecen a los suelos del litoral pacífico de la serie Tiquisate y Bucul, las coordenadas son variables por lo que se maneja en promedio latitud norte: 14° 3' 51'' longitud este: 90° 55' 36''.

Cuadro 29. Análisis químico de suelos de la finca Miraflores, La Democracia, Escuintla, Guatemala.2008

Estrato (cm)	CE (dS.m ⁻¹)	pH (1:2.5)	%	Meq.100g ⁻¹ Intercambiables					(ppm)					%			TEXTURA	%H 15 ATM.	% H 1/3 ATM.	D.A.P. g/cc		
				M.O.	Ca	Mg	K	Na	ClCe	P	Cu	Zn	Fe	Mn	Hum.Gravimetrica	ARC					LIM	ARE
20															50.28	9.86	56.23	33.91	Franco Limoso	14.57	38.65	1.10
40	0.12	7.40	1.04	11.53	9.48	0.31	0.39	21.71	16.22	4.85	0.45	36.45	78.40	42.23	7.54	43.65	48.81		Franco	10.42	26.60	1.22
60														32.20	7.55	27.14	65.31		Franco Arenoso	8.58	21.35	1.34

Fuente: Laboratorio CENGICANA

3.1.4.2 Ácido-2-cloroetil-fosfónico

El ácido-2-cloroetil-fosfónico es un concentrado líquido transparente, soluble en agua, con una densidad de 1.2 gr.cm³ ⁻¹ a 20° C. El producto no es inflamable, tiene un pH de 1, este libera etileno dentro de los nudos de la planta al aplicársela a la caña de azúcar y a otras plantas. Contiene 480 gr del ingrediente activo por litro, y tiene la característica de un ácido fuerte siendo completamente soluble en agua (Bocanegra, 1983).

Es un regulador de crecimiento de las plantas y posee la propiedad de que es rápidamente absorbido por las plantas, liberando etileno en el tejido vegetal, induciendo una mayor síntesis del mismo (Bocanegra, 1983).

El etileno se considera como un regulador de crecimiento que ocurre naturalmente, el cual afecta gran variedad de procesos de crecimiento. El etileno (C₂H₄), es una hormona que actúa en el proceso bastante complejo de la iniciación y regulación de la floración y todos los procesos fisiológicos asociados con la maduración y envejecimiento. También detiene temporalmente el crecimiento de la planta en tamaño, principalmente a través de la influencia sobre la acción de las auxinas en la elongación celular y ejerce una acción sobre

la disposición de las microfibrinas en la pared celular, la cual es mediada por las auxinas. El resultado es que el crecimiento celular se orienta en el sentido radial. Esto da como resultado células que en vez de tener una forma rectangular sean isodiamétricas, lo que conlleva un desarrollo mas grueso del tallo (Bocanegra, 1983).

El efecto normal de la acción del etileno se traduce en un amarillamiento de las hojas 3-4 días después de la aplicación y dura 7-8 días luego desaparece. El entrenudo que en ese momento está en formación sufre una reducción de su tamaño, pero es mas grueso, dando lugar a un entrenudo “tipo barrilito” que se observa al cabo de 2-3 semanas después de la aplicación (Bocanegra, 1983).

Luego de que la planta se recupera del “estrés” que le produce la acción del producto (a partir de los 15 días), continuará su normal crecimiento y los entrenudos que se formen alcanzarán un tamaño normal.

El ácido-2-cloroetil-fosfónico, es estable y la concentración del ion oxidrilo (-OH) es baja, es decir si el pH es ácido. A penas sube el pH dentro de la planta, la molécula del ácido se descompone en etileno, cloruro y fosfato (Bocanegra, 1983).

Al aplicarse un poco antes del periodo de inducción de la floración (ocurre cuando se da un periodo de 12.5 horas luz), el ácido-2-cloroetil-fosfónico interrumpe este proceso fisiológico. Parece que causa una dominancia en el punto de crecimiento durante un corto periodo, después del cual continuará su crecimiento vegetativo. Este producto no daña ni destruye el punto de crecimiento como lo hacen otros productos que están diseñados para matar los nudos que están desarrollando, pero no permiten que continúe el crecimiento vegetativo (Bocanegra, 1983).

Según las recomendaciones del fabricante (Rhone-Poulenc Agroquímica), la caña que ha sido tratada con ácido-2-cloroetil-fosfónico para inhibir la floración se puede dejar en el terreno el tiempo que sea necesario sin que perjudique su crecimiento (Bocanegra, 1983).

3.1.5 OBJETIVOS

3.1.5.1 OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la variedad comerciales CP- 881165 de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) a diferentes dosis y épocas de aplicación del inhibidor de floración (ácido 2-cloroetilo fosfónico).

3.1.5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar la época y dosis mas adecuada de aplicación de inhibidores de floración para un óptimo control, bajo condiciones ambientales del área de estudio.
- Estimar el efecto de las dosis y épocas de aplicación del inhibidor de floración en el rendimiento en libras de azúcar por tonelada de caña y en producción ($Tm.ha^{-1}$); y en el crecimiento vegetativo de tallos; a través de los diferentes tratamientos.
- Estimar el efecto de la dosis y fecha de aplicación del inhibidor de floración en el comportamiento de porcentaje de corcho, número de brotes laterales (lalas), de los diferentes tratamientos.

3.1.6 METODOLOGÍA

3.1.6.1 Ensayo de inhibidores de floración

a) Dosis

Se utilizaron diferentes dosis de inhibidores de floración con recomendaciones comerciales (0.00, 1, 1.25 y 1.5 lt.ha⁻¹), así como rangos recomendados por los diferentes ingenios. Las dosis fueron aplicadas utilizando el volumen (55 lt.ha⁻¹) necesario para su aplicación.

b) Fechas de aplicación

Estas se determinaron de acuerdo a las sugerencias de los técnicos de investigación en los diferentes ingenios (4 épocas a nivel experimental). Pero tomando como referencia a Xia (2000) quien indica que las épocas de aplicación recomendadas para aplicar Inhibidores según estudios anteriores son en los meses de julio y agosto, épocas donde se cree que ocurre la inducción floral en nuestro medio (WIPO, 2008).

c) Variedades

Se utilizó la variedad comercial de mayor importancia, CP-881165.

3.1.6.2 Diseño Experimental

A nivel experimental se utilizó el diseño experimental boques completos al azar factorial con arreglo en parcelas divididas (época de aplicación x dosis (lt.ha⁻¹)). Con cuatro repeticiones en finca Miraflores (Figura 21A).

a) Tratamientos

Los tratamientos que se utilizaron fueron 3 dosis con un testigo (1) control y cuatro épocas de aplicación (4).

- Épocas y dosis en finca Miraflores.

-Época: Ep1 = 7 Agosto = Testigo; Ep2 = 14 Agosto; Ep3 = 21 agosto y Ep4 = 28 agosto.

-Dosis: D1 = 0 lt.ha⁻¹=Testigo; D2 = 1.25 lt.ha⁻¹; D3 = 1.50 lt.ha⁻¹ y D4 = 1 lt.ha⁻¹.

Cuadro 30. Combinación de factores (Ep x D) evaluados en el ensayo respuesta de la variedad CG-881165 a diferentes dosis y épocas de aplicación de ethephon en caña de azúcar.

Ep1		Ep2			Ep4	
D1	Ep1D1	D1	Ep2D1	...	D1	Ep4D1
D2	Ep1D2	D2	Ep2D2		D2	Ep4D2
D3	Ep1D3	D3	Ep2D3		D3	Ep4D3
D4	Ep1D4	D4	Ep2D4		D4	Ep4D4

Ep = época de aplicación (semanal)

D= dosis (lt.ha⁻¹)

b) Unidad experimental

Cada parcela contó con 6 surcos de 20 m de longitud, distanciados a 1.5 m cada uno, para un total de 180 m². La parcela neta estuvo conformada por seis surcos centrales, representando 180 m². Cada tratamiento estuvo separado por seis surcos de los costados, no se tomaron en cuenta para eliminar el efecto de borde. La parcela pequeña (180 m²), se le asignó la dosis del producto, mientras que a la parcela grande (4320 m²), es la que contiene 3 dosis del producto y el Testigo (D1).

Cada bloque tenía 16 unidades experimentales, con cuatro repeticiones para un total de 64 unidades experimentales para la finca Miraflores.

3.1.6.3 Manejo del experimento

Las labores del cultivo fueron manejadas de acuerdo a la empresa o finca, realizando actividades como: desbasurado, cultivo mecanizado, fertilizaciones, riego, control de malezas, entre otras.

3.1.6.4 Aplicación de Ethephon

El inhibidor de floración se aplicó con equipo especial siendo este un simulador de aspersiones aéreas de productos agrícolas, propiedad del área de suelos y fertilidad. Este equipo posee un aguilón central de tres metros de longitud, consta de boquillas tipo abanico con cobertura de 6 m. Posee un Aguilón superior con dos boquillas XR 11002, con cobertura para dos surcos (3 metros) en cada aplicación. El equipo posee un motor de dos tiempos, trabaja a una presión de 35 PSI, con descarga de 55 lt.ha⁻¹. Además se contó con

equipo necesario como probetas, cubetas, medidor de pH para el agua a utilizar en las mezclas.

3.1.6.5 Cosecha

Se realizó a las 20 semanas después de la primera aplicación del producto inhibidor. Antes de realizar esta labor se procedió a la quema, en las primeras horas de la mañana (5.00-6.00 AM). Se ubico a un cortador por cada unidad experimental (180 m²) indicándole el orden de colocación de la caña cortada. Además se separaron las cañas de los bordes de la parcela neta.

El corte se hizo en forma de maletas, las cuales se amarraron en una cadena para ser pesadas con ayuda de tractor con grúa adjunta, adicionándole una “Romana” con capacidad de 25 quintales propiedad del departamento de investigación agrícola, para tomar el peso de la maleta de caña. El último paso fue desatar las maletas y la caña fué recogida a granel por medio de una alzadora.

3.1.6.6 Variables de respuesta

A. Floración (%)

En cada unidad experimental se realizó un conteo de tallos, En los seis surcos que conforman la parcela (un muestreos de 10 m lineales/unidad experimental), se contaron el número de tallos con flor y sin flor, de donde se obtuvo el porcentaje de floración. Este muestreo se realizó a los 146 días después de la primera aplicación del producto para la finca Miraflores.

B. Crecimiento de tallo (longitud y diámetro)

Se determinó a través de los cinco tallos con flor y sin flor marcados en el surco donde se realizó el muestreo de cada unidad experimental, midiendo desde la base del tallo hasta el último cuello de la hoja visible. El diámetro de esos tallos se midió en el tercio medio utilizando Vernier.

C. Corcho

Antes de la cosecha se determino la calidad del tallo, en cada unidad experimental, se tomaron cinco tallos florecidos y no florecidos previamente identificados, determinando el grado de acorchamiento y contando el número de entrenudos, luego se corto cada entrenudo y se identificó los entrenudos con corcho y sin corcho, determinando así el porcentaje de la variable.

D. Brotes laterales

Se determinó contando el número de brotes laterales (lalas), presentes en diez tallos (cinco tallos con flor y cinco sin flor, donde se midió corcho) de cada unidad experimental.

E. Toneladas de caña por hectárea ($Tm.ha^{-1}$)

Se determinó al momento de la cosecha, se cortaron y se pesaron los seis surcos de caña.

F. Libras de azúcar por tonelada de caña

Dos días antes de la cosecha se cortaron cinco tallos completos de los cuatro surcos centrales de cada unidad experimental muestreada; estas se llevaron al laboratorio del Ingenio Magdalena para análisis de calidad del jugo, Brix, azúcares reductores, Pol (%), Pureza y determinar su rendimiento industrial.

3.1.6.7 Medición de variables climáticas

a) Fotoperíodo

Las horas luz efectivas se determinaron según datos obtenidos a través del heliógrafo ubicado en las estaciones manejadas por Agrometeorología cercanas al área del experimento.

b) Temperatura ($^{\circ}C$)

Se llevaron registros mensuales de temperaturas mínimas y máximas, se observó el comportamiento sobre la floración para ver si influye o no en este aspecto.

c) Precipitación pluvial

Se determinó la cantidad de lluvia precipitada (mm) durante los meses (Agosto-Diciembre). Se analizó el balance hídrico durante estos meses, verificando la influencia de este sobre la floración y crecimiento del cultivo.

d) Humedad del Suelo

Se tomaron una muestra representativa con 10 submuestras al azar a una profundidad de 30 cms, la medición del porcentaje de humedad se realizó a través del método volumétrico.

3.1.6.8 Análisis de la Información

Para el análisis de cada una de las variables medidas se realizaron análisis de varianza (ANDEVA), utilizando el paquete estadístico Statistical System Analysis (SAS, Nort Carolina v. 8, USA, 2001). Así mismo se realizaron pruebas de medias utilizando la prueba DMS (Diferencias mínimas significativas) (0.05).

Conjuntamente con Agrometeorología se tomaran datos de variables climáticas y serán tabulados realizando gráficos para conocer el comportamiento e interacción con datos de floración, determinando así su influencia en este aspecto.

3.1.7 RESULTADOS

Para tener una mejor explicación del efecto del Ethephon a lo largo del ciclo de la caña de azúcar, se realizó un muestreo en la finca Miraflores en el mes de enero previo a la cosecha. En cada muestreo se tomaron las variables de respuestas: porcentaje de floración (variable de respuesta principal), altura de caña, diámetro, porcentaje de corcho por caña y número de lalas por caña.

3.1.7.1 Porcentaje de floración

En la finca Miraflores se trabajó con la variedad de caña de azúcar CP-881165 para el ensayo de dosis y épocas de aplicación de Ethephon. Para el porcentaje de floración se encontró diferencia significativa, al 0.05 tanto para la dosis como para la época de

aplicación, caso contrario para la interacción (época y dosis) no se encontró diferencia significativa. Por lo tanto si hubo efecto del inhibidor de la floración (Ethephon).

En el Cuadro 32A, de anexos se encuentra el análisis de varianza para dicha variable. Las dosis que se trabajaron fueron D1: sin aplicación, D2: 1.25 lt.ha⁻¹, D3: 1.5 lt.ha⁻¹ y D4: 1 lt.ha⁻¹.

La dosis que presentó menor porcentaje de floración fue la de 1.5 lt.ha⁻¹, considerada como la dosis comercial, en la cual se obtuvo un 12 % de floración en promedio por parcela aplicada, la cual se puede apreciar en la Figura 9.

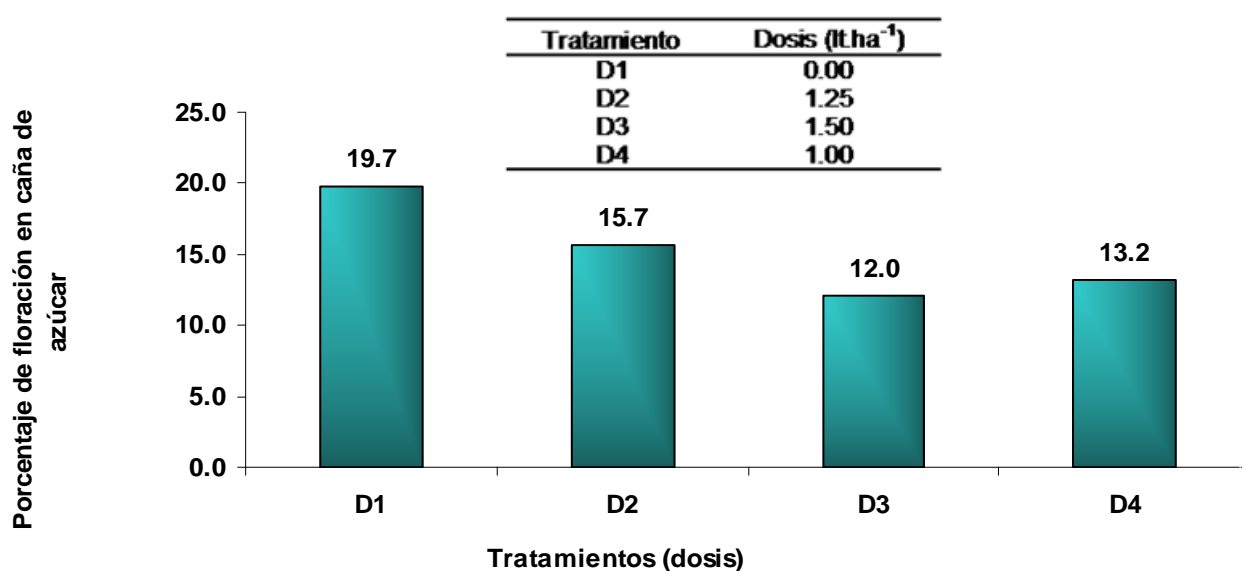


Figura 9. Porcentaje de floración por tratamiento (dosis) en finca Miraflores, muestreo realizado en enero del 2009.

De la misma forma se trabajó con cuatro épocas de aplicación de Ethephon; EP1: Testigo (sin aplicación), EP2: 14/08/08, EP3: 21/08/08 y la EP4: 28/08/08. La época de aplicación recomendada para aplicar Ethephon en el mes de agosto fue la EP4 (28/08/08), obteniendo en promedio un 10.8 % de floración por parcela aplicada, este dato lo encontramos en la Figura 10.

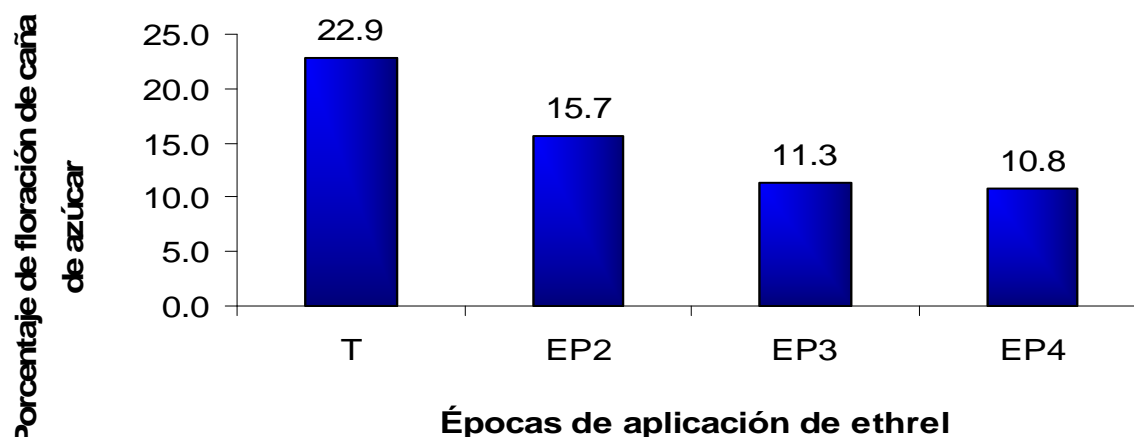


Figura 10. Porcentaje de floración por tratamiento (dosis) en finca Miraflores, muestreo realizado en enero del 2009.

En el Cuadro 33A, aparece la prueba de medias de Tukey al 0.05, donde observamos que la mejor época de aplicación fue la del 28/08/08 (EP4) con 32% , seguida por la del 21/08/08 (EP3) con 33% y la del 14/08/08 (EP2) con un porcentaje mayor de 38% y como era de esperar la EP1 (testigo) donde no se aplicó el producto se obtuvo un mayor porcentaje de flor siendo este valor de 46%.

Después de realizar la prueba de medias de tukey al 0.05, correspondientes para el caso de las dosis evaluadas (ver Cuadro 34A) se estableció que la dosificación de 1.5 lt.ha⁻¹ fue el tratamiento que presento un menor porcentaje de floración (28%), y la dosis de 0 lt/ha (testigo) fue la que mayor porcentaje de floración obtuvo con un 43%.

En la Figura 11, se puede apreciar que la D1 (0 lt.ha⁻¹) fue la que presentó los mayores porcentaje de floración para las diferente épocas de aplicación, alcanzando valores de 25.38% de flor por parcela, superando a así a los valores de porcentaje de floración de los demás tratamientos D2 (1.25 lt.ha⁻¹), D3 (1.5 lt.ha⁻¹) y D4 (1 lt.ha⁻¹).

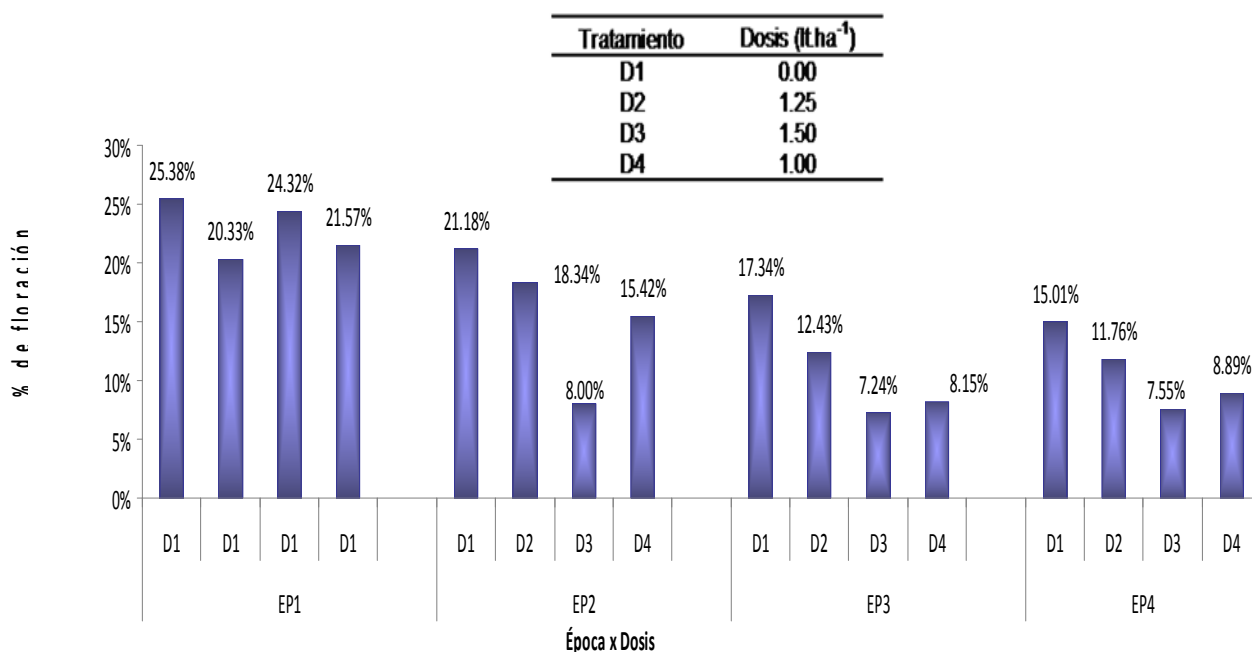


Figura 11. Porcentaje de floración por tratamiento (dosis) en finca Miraflores, muestreo realizado el 07/01/09.

En la Figura 11, se puede observar que utilizando la dosis de 1.5 lt.ha⁻¹ (D3) para las fechas de 14/08/08, 21/08/08 y 28/08/08 se obtuvo un menor porcentaje de floración 8 %, 7.24% y 7.55% con respecto al testigo que el mayor porcentaje que se alcanzó fue de 25.38.

En las Figuras 18A, 19A y 20A; se presentan los registros climáticos en la fase del ensayo. En la Figura 18A, muestra los valores de temperatura mínima, promedio y máxima en forma semanal a partir del mes de julio a diciembre del 2008. En el mes de julio se tienen temperaturas de 30.45 °C máximos y como mínimas de 23.39 °C; para el mes de agosto se registro valores de 31.22 °C de temperatura máxima y 23.16 °C de temperatura mínima que son los meses donde ocurre la inducción floral. Las temperaturas máximas solamente se presentaron en el mes de abril con valor de 33.13 °C y diciembre con 32.82 °C. Las temperaturas mínimas oscilaron entre 23.60 y 25.35 °C; estas no se consideran perjudiciales a la floración.

En la Figura 19A, se puede observar que para el mes de julio a septiembre no hubo problemas de agua, no así en la semana 44 del mes de octubre no se registro precipitación. De la semana 44 a la 49 solo la semana 47 se registro precipitación de

26.9 mm. En el mes de julio existió una precipitación de 53.14 mm de agua y agosto 81.42 mm de agua, valores que afirman que no pudo haber estrés por falta de agua.

La Figura 20A, muestra los valores de brillo solar cuyo mejor índice es el cielo despejado. En el mes de julio se encontró una disminución considerable en el número de horas en el día o fotoperiodos y se marca aun mejor en el mes de septiembre, presentando valores debajo de 7 horas de luz en el día. La caña de azúcar se clasifica entre las plantas de periodos cortos que florecen solo si el periodo de luz se hace mas corto que el periodo crítico, siendo este de 12 horas 30 minutos, por lo que se considera que esta condición se dio.

3.1.7.2 Altura de caña

En el análisis de varianza realizado (Cuadro 36A) se encontró que existe diferencia significativa al 0.05 en las épocas de aplicación, no reportando diferencias significativas al 0.05 para las dosis de Ethephon y en la interacción épocas y dosis de Ethephon. Esto demuestra que el Ethephon tuvo mayor efecto en cuanto al crecimiento de los tallos en las 4 épocas de aplicación evaluadas.

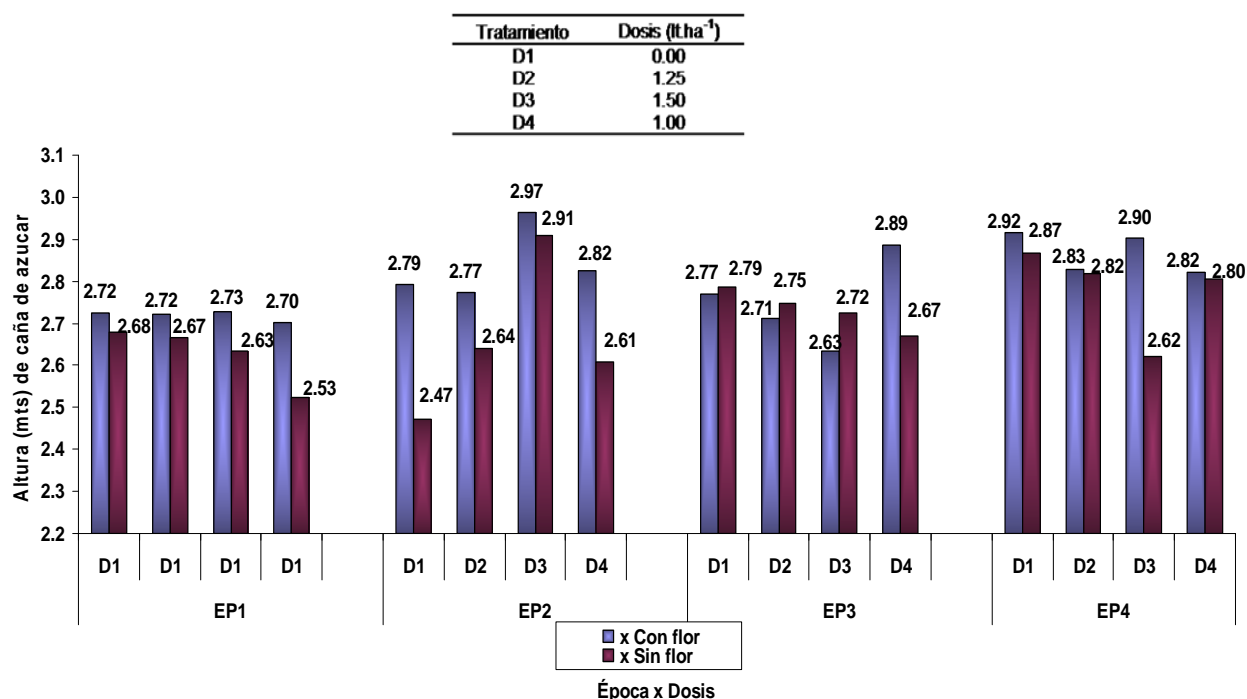


Figura 12. Altura promedio de caña de azúcar por tratamiento (dosis), muestreo realizado en enero de 2009, en finca Miraflores.

En la Figura 12, se observan los resultados obtenidos en las diferentes épocas de aplicación y con las diferentes dosificaciones del Ethephon, no presentan diferencias significativas, ya en algunos casos el testigo lograba alturas superiores a las tratadas con el producto, y las parcelas aplicadas con las diferentes dosis en las diferentes épocas no existe una dosis que supere en las tres épocas donde se aplicó el producto, siendo estas la EP2 (14/08/08), EP3 (21/08/08) y EP4 (28/08/08). En la EP1 (07/08/08), se marcaron las parcelas para el ensayo y no se aplicó el producto (Ethephon). En dicha Figura también se observa un crecimiento uniforme en cuanto a las dosis de Ethephon (1, 1.25 y 1.5 lt.ha⁻¹) en relación al testigo, el cual llegaron alcanzar arriba de 2.47 metros. Para los datos de altura evaluados en el ensayo de dosis y épocas de aplicación de Ethephon, la dosis que mayor altura (mts) se obtuvo, fue la dosis de 1.5 lt.ha⁻¹ (D3) con 2.81 mts para los tallos con flor y 2.72 mts para los tallos sin flor, tomando el promedio de los 5 tallos con flor y 5 tallos sin flor según el Cuadro 35A.

Para la época de aplicación de Ethephon en el mes de agosto fue la EP4 (28/08/08), fecha en la que se obtuvo mayor altura, 2.87 mts para los tallos con flor y 2.78 mts para los tallos sin flor, seguidamente por la EP2 (14/08/08) con 2.84 de altura para los tallos con flor y 2.66 mts para los tallos sin flor, luego la EP3 (21/08/08) con 2.75 y 2.73 y por ultimo como era de esperar el testigo reportando los valores mas bajos con 2.72 mts para los tallos con flor y 2.63 mts para los tallos sin flor, según el Cuadro 35A. Esto nos indica que no es tanto el efecto del producto sino a las buenas condiciones de humedad que se tuvieron para estas épocas, que permitió un buen desarrollo de los tallos, principalmente a finales del mes de agosto.

3.1.7.3 Diámetro de caña

En el análisis de varianza realizado (Cuadro 39A) se encontró que existe diferencia significativa al 0.05 en las épocas de aplicación, para las dosis de Ethephon y en la interacción épocas y dosis de Ethephon para los tallos sin flor, mientras que para los tallos con flor no se encontró diferencia significativa al 0.05 para las épocas de aplicación de Ethephon, pero si se encontró diferencia significativa al 0.05 para las dosis y la interacción épocas de aplicación y dosis de Ethephon. Esto demuestra que el Ethephon tuvo mayor efecto en cuanto al crecimiento de los tallos en las 4 épocas de aplicación y dosis

evaluadas, para los tallos sin flor, mientras para los tallos con flor, no tuvo mayor efecto aplicar en las diferentes épocas, ya que existe una uniformidad para las diferentes épocas de aplicación, esto se puede observar en la Figura 13.

Como se puede observar en la Figura 13 a pesar de que existen diferencias en cuanto al diámetro de la caña en las diferentes épocas de aplicación con las diferentes dosificaciones de Ethephon estas diferencias no son constantes para todas las épocas y dosis. Tomando como base estas consideraciones podemos establecer que en lo que respecta al diámetro de la caña el Ethephon no tuvo ningún efecto en el mismo.

Para los datos de diámetro de caña de azúcar del ensayo de dosis y épocas de aplicación de Ethephon no se encontró una diferencia significativa para poder recomendar una dosis. Se considera que la variable de diámetro de caña de azúcar no es la indicada para recomendar una dosis, salvo que la medición del diámetro sea representativa.

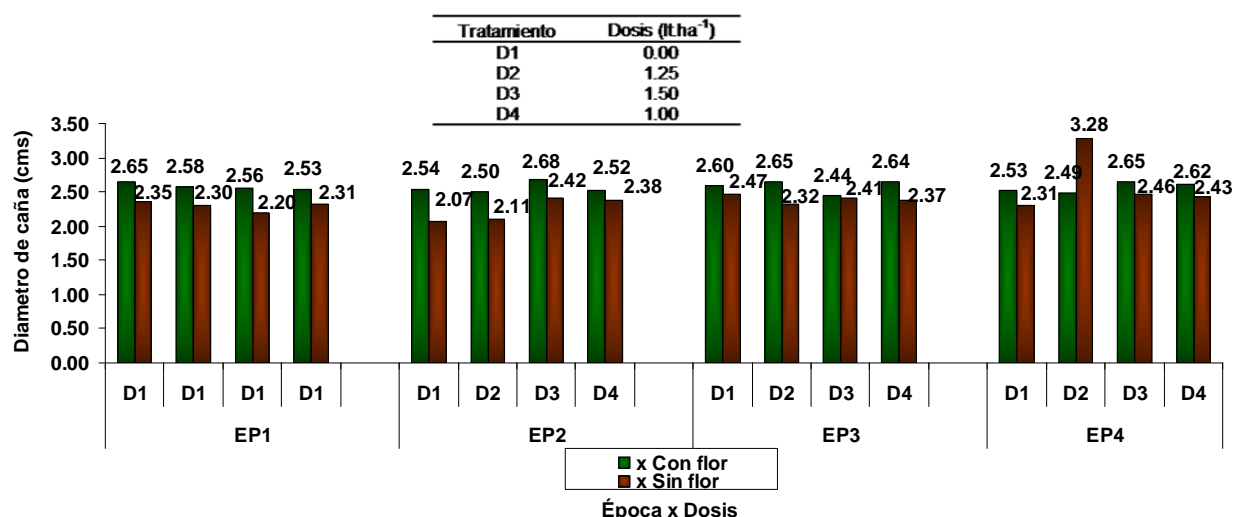


Figura 13. Diámetro promedio de cañas por tratamiento (dosis), realizado en enero de 2009, en finca Miraflores.

3.1.7.4 Porcentaje de corcho

Para esta variable de respuesta, el porcentaje promedio de corcho los encontramos en el Cuadro 42A. Se realizó un ANDEVA, el cual se encuentra en el Cuadro 43A. En este se observa que si existe diferencia significativa al 0.05 para las dosis, épocas de aplicación de Ethephon y la interacción (dosis y épocas de aplicación de Ethephon) para los tallos con flor, mientras que para los tallos sin flor si existe diferencia significativa al 0.05 para las

épocas de aplicación de Ethephon y la interacción (dosis y épocas de aplicación de Ethephon), pero no existe diferencias significativa para las dosis de Ethephon. Podemos decir que si hubo efecto del Ethephon en reducir el porcentaje de corcho en los tratamientos de las tres dosis y las 4 épocas de aplicación del producto, considerando los 5 tallos con flor muestreados.

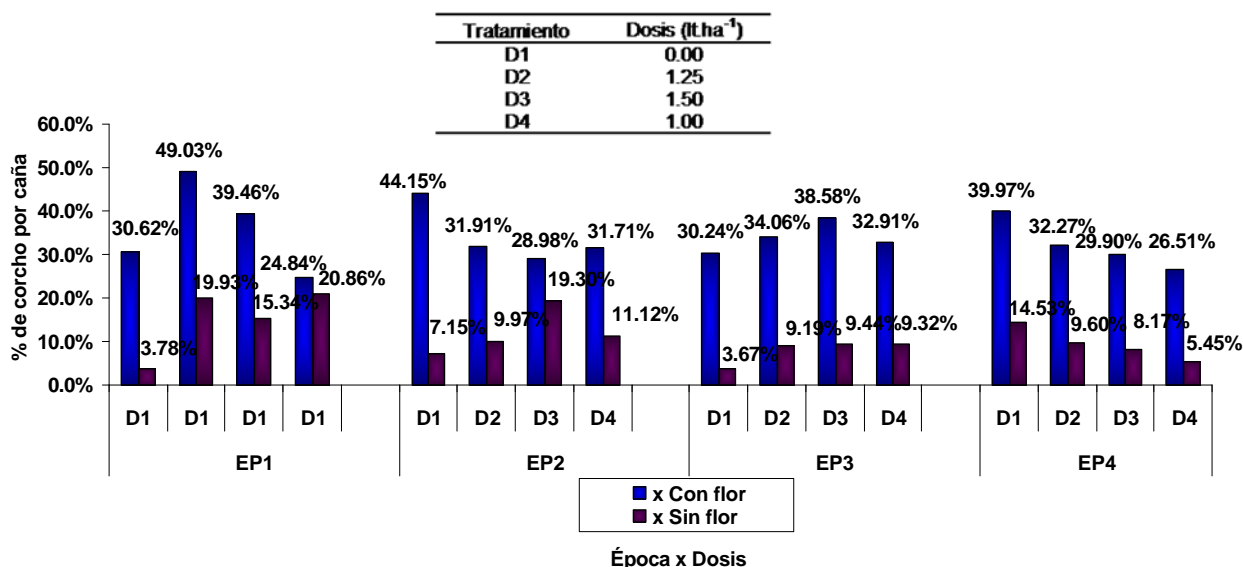


Figura 14. Porcentaje de corcho por caña de azúcar, muestreo realizado en enero de 2009, en finca Miraflores.

Según el porcentaje de corcho obtenido en el ensayo de dosis y épocas de aplicación de Ethephon, nos indica que la dosis de 1 lt.ha⁻¹ (D4) mostró menor porcentaje de corcho (28.99 % de corcho de los tallos con flor y 11.69 % de corcho de los tallos sin flor) por parcela aplicada (ver Cuadro 44A). La época de aplicación en la que menor porcentaje de corcho se obtuvo fue la EP4 (28/08/08) con 32.16% de corcho para los tallos con flor y 9.44% de corcho para los tallos sin flor (ver Cuadro 44A). La Figura 14 nos muestra que los tallos sin flor presentaron bajo porcentaje de corcho, lo que paso probablemente es que los tallos muestreados eran tallos secundarios o terciarios siendo estos tallos jóvenes o pudo haber sucedido efecto del Ethephon.

3.1.7.5 Número de brotes laterales por caña (lalas)

Al realizar el ANDEVA (ver Cuadro 46A), encontramos que si existe diferencia significativa al 5% para las épocas de aplicación de Ethephon y la interacción (dosis y

épocas de aplicación de Ethephon), caso contrario para las dosis de Ethephon, que no se encontró diferencia significativa al 0.05 entre tratamientos para los tallos sin flor. Debido a esto, podemos decir que no hubo efecto del Ethephon en disminuir el número de lalas en los tratamientos de las tres dosis del producto.

Los resultados del número de lalas por caña (ver Cuadro 45A), nos indican que para tener menor número de lalas por cada 5 caña de azúcar (10.81 lalas por cada cinco tallos con flor y 0.56 lalas por cada cinco tallos sin flor) debemos de aplicar la dosis 1.25 lt.ha⁻¹ (D2) del inhibidor de la floración Ethephon y que la época optima para la aplicación es la EP2 (14/08/08) en la que se obtuvo 8.88 lalas por cada cinco cañas con flor y 1 lala por cada cinco cañas sin flor, según el Cuadro 45A.

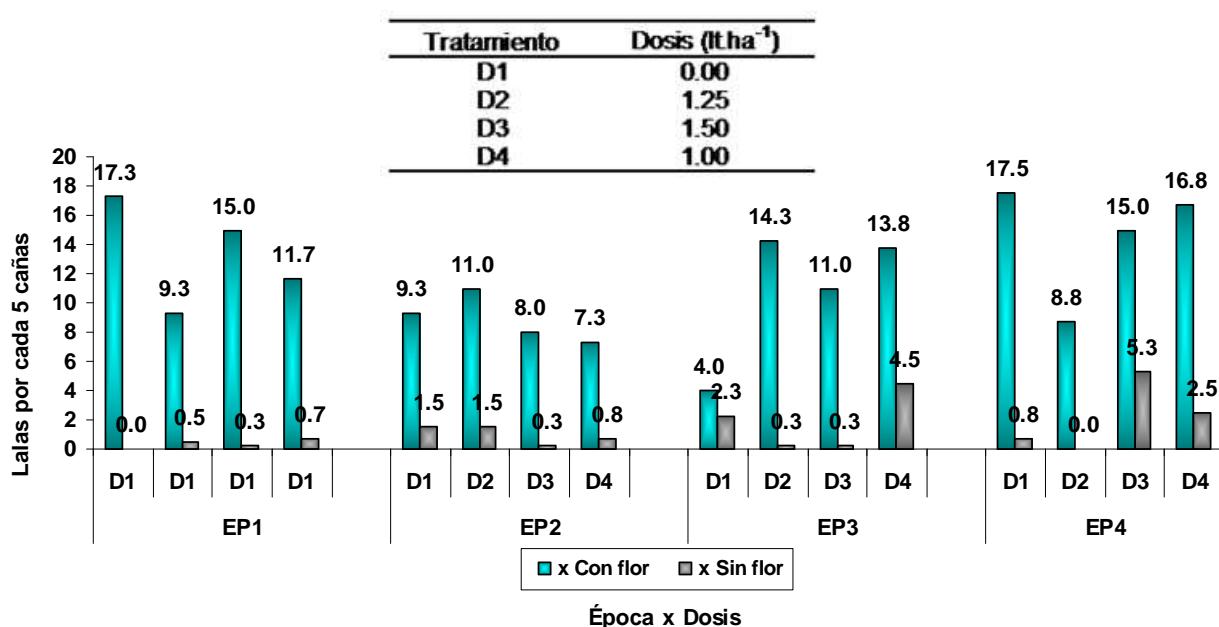


Figura 15. Número de lalas por cañas de azúcar, muestreo realizado en enero del 2009, en finca Miraflores.

3.1.7.6 Toneladas de caña por hectárea (Tm.ha⁻¹)

Para la variable toneladas métricas de caña por hectárea, al realizar el análisis de varianza, utilizando un modelo desbalanceado por datos faltantes (Cuadro 48A) no se encontró diferencia significativa al 0.05 en las épocas de aplicación y las dosis de Ethephon, tampoco se observa una diferencia significativa en la interacción épocas de aplicación y dosis. En base a lo anterior puede decirse que la aplicación del Ethephon a

diferentes épocas y dosis no produjo algún efecto estadísticamente significativo al 0.05, sobre el rendimiento de caña (Tm.ha^{-1}).

En general las parcelas aplicadas con Ethephon (dosis y épocas de aplicación de Ethephon) y las no aplicadas (testigo = D1) obtuvieron valores similares en rendimientos (Tm.ha^{-1}), no existiendo mayor diferencia (ver Figura 16). Esto es debido al buen desarrollo vegetativo que presenta la planta, al obtener buen rendimiento de caña (Tm.ha^{-1}), además de que la variedad se caracteriza como una buena productora de caña. Los valores altos de caña en toneladas métricas por hectárea, encontrados en las parcelas no aplicadas, se debió quizás en parte a la edad del cultivo y la uniformidad de los tallos, ocasionados por una buena humedad del suelo y una adecuada fertilización.

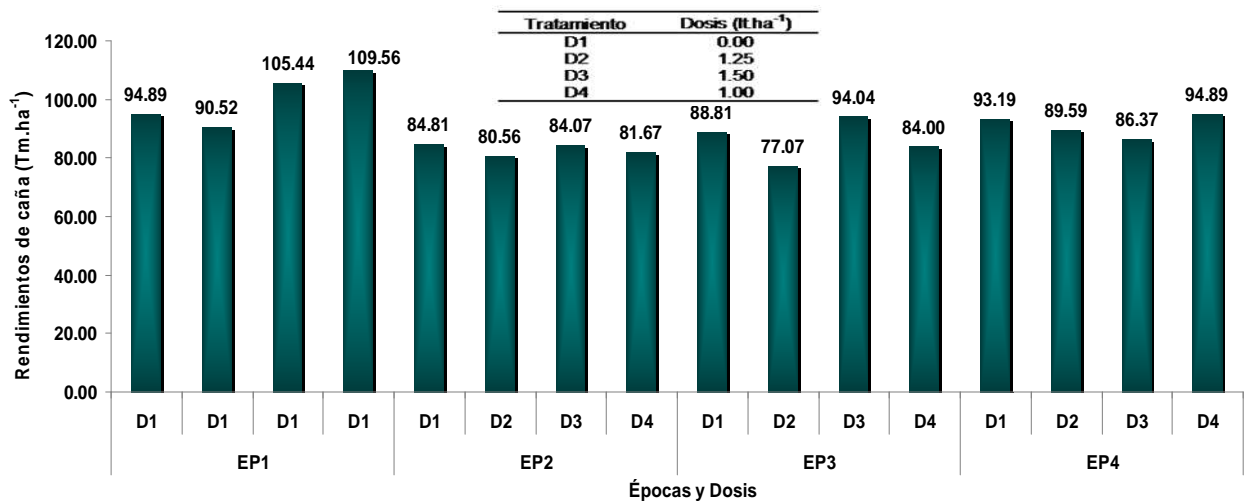


Figura 16. Toneladas de caña por hectárea del ensayo épocas de aplicación y dosis de Ethephon, finca Miraflores, La Democracia

3.1.7.7 Libras de azúcar por tonelada de caña

Para esta variable no se encontró diferencia significativa al 0.05 al realizar el ANDEVA, utilizando un modelo desbalanceado por datos faltantes (Cuadro 49A), tanto para las épocas de aplicación y las dosis evaluadas del producto (Ethephon), así como para la interacción (épocas de aplicación y dosis). Por lo tanto el Ethephon no tiene efecto estadísticamente significativo al 0.05, sobre las libras de azúcar por tonelada de caña y se afirma que la aplicación de Ethephon en diferentes épocas y dosis, no afecta los rendimientos de azúcar (libras por toneladas métricas de caña).

Aunque estadísticamente no presento diferencia significativa entre los tratamientos evaluados (épocas de aplicación y dosis de Ethephon); se observa en la Figura 17, el comportamiento del rendimiento de azúcar promedio (libras por tonelada métrica de caña), en relación con las épocas de aplicación y dosis de Ethephon y el testigo. Para la época 2 (14/08/08), se alcanzaron valores superiores a las 300 libras de azúcar por toneladas métricas de caña para las dosis 1.5, 1 lt.ha⁻¹ y el testigo que fue el que mayor cantidad de azúcar obtuvo (331.44 lbs.Tm⁻¹ de caña). De las tres dosis evaluadas, la dosis 4 (1lt.ha⁻¹) fue la que supero al testigo en la época 4 (28/08/08) con 303.03 libras de azúcar por toneladas métricas de caña, mientras que el testigo obtuvo 285.89 libras de azúcar por tonelada métrica de caña.

Con estos resultados de libras de azúcar por toneladas métricas de caña obtenidos, puede afirmarse que durante el tiempo que duro el ensayo, no faltó el agua, por lo tanto hubo mayor disponibilidad de humedad en la etapa de crecimiento vegetativo, como se puede apreciar en la Figura 18A de los datos climáticos en el comportamiento del porcentaje de humedad del suelo y las precipitaciones registradas semanalmente. Esto permitió en parte a que el cultivo de la caña continuara con su proceso de crecimiento hasta la etapa de maduración y próximo al corte, lo que determinó la mayor concentración de azúcar.

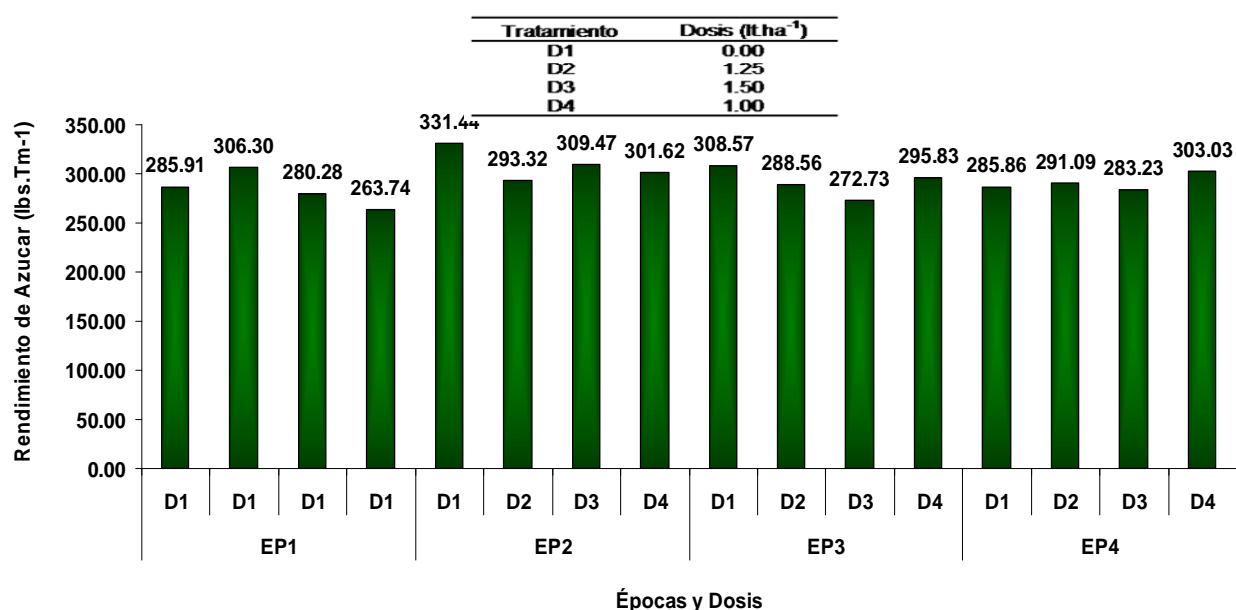


Figura 17. Libras de azúcar por tonelada métrica de caña, ensayo épocas de aplicación y dosis de Ethephon, finca Miraflores, La Democracia.

3.1.8 CONCLUSIONES

- De las cuatro épocas de aplicación y las tres dosis de Ethephon con el testigo, evaluadas en la variedad de caña CP-881165, la dosis de 1.5 lt.ha^{-1} en la EP4 (28/08/08) fue la que mejores resultados obtuvo.
- Las épocas de aplicación de Ethephon a intervalo de una semana en el mes de agosto y las tres dosis evaluadas con el testigo, no manifestaron tener efecto positivo en el rendimiento en libras de azúcar por toneladas métrica de caña, producción de caña (Tm.ha^{-1}) y crecimiento vegetativo de tallos.
- El inhibidor de la floración (Ethephon) presentó mejorías en las características como reducción en el porcentaje de floración, corcho, lalas, Tm.ha^{-1} de caña y libras de azúcar por tonelada métrica de caña, por lo tanto estadísticamente presento diferencias significativas con respecto al testigo.

3.1.9 RECOMENDACIONES

- Para las variables altura y diámetro de caña, se recomienda marcar 20 cañas por parcela aplicada, de preferencia que las cañas se encuentren en el surco central y medir la altura y diámetro cada semana hasta el momento de la cosecha, para conocer el efecto del producto sobre estas variables.
- Evaluar la aplicación de Ethephon como inhibidor de la floración, en la variedad CP-881165 empleando otras dosis (0.0, 1.00, 1.10, 1.20, 1.30, 1.40, 1.50, 1.60 lt.ha^{-1}) y con otras épocas de aplicación distribuidas de julio-septiembre.
- Cambiar la metodología de muestreo, realizando un muestreo al momento que se vea la primera flor en el área experimental, posteriormente realizar dos muestreos cuando hayan floreado la mayoría de las parcelas, utilizando para dicho muestreo 10 cañas con flor y 10 sin flor tomando así las variables que se crean necesarias, duplicando el área de la unidad experimental (20 metros de longitud y 18mts de ancho (12 surcos).
- Seguir investigando sobre las aplicaciones de Ethephon como inhibidor de la floración en edades diferentes del cultivo 5, 6 y 7 meses.

3.2 SERVICIOS NO PLANIFICADOS

En el Departamento de investigación Agrícola, se brindó apoyo en la supervisión de diversas actividades como pruebas de herbicidas, niveles y épocas de aplicación de N, calibración de compost, gallinaza, muestreos de floración, pruebas con reguladores de crecimiento, monitoreo de aplicaciones aéreas de madurantes, en las cuales no se tenían metas específicas. También se apoyó a las aéreas de semilleros, variedades, forestal, laboratorio BIOMAG en algunas ocasiones.

3.3 BIBLIOGRAFIA

1. Bocanegra, JC. 1983. Ethrel y prep. en el control de la floración en caña de azúcar. Guatemala, Rhone-Poulec. 52 p.
2. Castro C, PR. 1997. Reguladores vegetales: modo de acción y aplicaciones en la agricultura tropical. Informaciones Agronómicas, Boletín (BR) no. 78:1-10.
3. Chu, T; Serapion, J. 1971. The role of leaves in production of flowering stimulus in sugarcane. *In* Congress ISSCT (15, 1971, BR). Proceedings. Brazil. p. 365-371.
4. Clements, H; Awada, M. 1995. Experiments on the artificial induction of flowering in sugarcane. Congress ISSCT (12, 1995, BR). Proceedings. Brazil. p. 795-812.
5. Ingenio Pantaleón, Departamento de Investigación, GT. s.f. Áreas estimadas por variedad, datos de rendimiento y áreas aplicadas con madurantes. Escuintla, Guatemala. 16 p.
6. Melgar, M. 2007. Eventos históricos y logros 1992-1997. Guatemala, Centro de Investigación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA). 85 p.
7. Moore, PH; Osgood, RV. 1989. Prevention of flowering and increasing sugar yield of sugarcane by application of ethephon (2-chloroethylphosphonic acid). *Journal of Plant Growth Regulation* 8:205-210.
8. Municipalidad de La Democracia, GT. 2008. Ubicación del municipio de La Democracia, Escuintla (en línea). Guatemala. Consultado 24 jul 2008. Disponible en <http://www.inforpressca.com/lademocracia-escuintla/ubicacion.php>
9. Nájera E, BG. 2005. Experiencias en la aplicación del ácido 2-cloroetilo fosfórico como inhibidor de la floración en caña de azúcar (*Saccharum* spp.). Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 42 p.

10. Paliatseas, E; Chilton, S. 1956. The induction of the emergence of the inflorescence of sugarcane. *In* Congress ISSCT (9, 1956, BR). Proceedings. Brazil. no. 1:657-664.
11. Rincones, C. 1992. Observaciones sobre el efecto del ethephon en la floración y desarrollo de dos variedades de caña de azúcar. *Caña de Azúcar* 10:37-49.
12. Rincones, C; Rodríguez, OA. (1986). Efectos de la floración sobre algunos componentes de la producción en 34 variedades de caña de azúcar. *Revista Caña de Azúcar* 4(1):5-26.
13. Rodríguez, OA; Rincones, C; Hurtado, S. (1985). Efectos de la floración sobre la calidad del jugo en 34 variedades de caña de azúcar. *Revista de la Caña de Azúcar* 3(1):43-61.
14. Viveros V, CA. 1991. Efecto de la edad de la planta y de diferentes tratamientos fotoinductivos en la floración de la caña de azúcar (*Saccharum* sp.). Colombia, Universidad de Colombia. 63 p.
15. WIPO (World Intellectual Property Organizacional). 2008. Method of sugarcane flower inhibition and new composition (en línea). Consulta 23 mayo 2008. Disponible en <http://www.wipo.int/pctdb/en/wo.jsp?IA=WO2000018235&wo=2000018235&DISPLAY=DESC>
16. Xia Umul, MA. 2000. Evaluación de tres dosis y seis épocas de aplicación de ethrel, utilizando como inhibidor en la floración de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en el estrato alto del ingenio El Baúl, SA. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 71 p.

3.4 ANEXOS

Cuadro 31A. Evaluación de épocas de aplicación y diferentes dosis de Ethephon en la variedad CP 88-1165, finca Miraflores. Porcentaje de floración de caña de azúcar (*Saccharum spp.*), muestreo realizado en enero del 2009.

	D1	D2	D3	D4	Promedio
T	25.4	20.3	24.3	21.6	22.9
EP2	21.2	18.3	8.0	15.4	15.7
EP3	17.3	12.4	7.3	8.2	11.3
EP4	15.0	11.8	8.6	7.8	10.8
Promedio	19.7	15.7	12.0	13.2	

Cuadro 32A. ANDEVA, transformación arcoseno, sobre la variable porcentaje de flor en caña, ensayo aplicación de Ethephon para la inhibición de flor en caña de azúcar.

FV	GL	SC	CM	FC	p-Valor
Modelo	24	0.87	0.04	3.07	0.0011
Época	3	0.25	0.08	7.03	0.0007
dosis	3	0.14	0.05	3.89	0.0164
bloque	3	0.3	0.1	8.51	0.0002
Época*dosis	6	0.02	2.80E -03	0.24	0.9605
Época*bloque	9	0.16	0.02	1.54	0.1704
Error	37	0.44	0.01		
Total	61	1.31			

CV (%) = 29.78

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; SC= Sumatoria de cuadrados; CM= Cuadrado medio; FC= F calculada; CV= Coeficiente de variación.

Cuadro 33A. Prueba de tukey al 0.05 para la variable porcentaje de floración en las épocas de aplicación.

Test: Tukey Alfa: 0.05 DMS: 0.11211

Error: 0.0129 gl: 34

Época	Medias	n		
EP4	32.00%	26	A	
EP3	33.00%	16	A	
EP2	38.00%	16	A	B
T	46.00%	4		B

Letras distintas indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$)

Cuadro 34A. Prueba de tukey al 0.05 para la variable porcentaje de floración en las dosis de aplicación.

Test: Tukey Alfa: 0.05 DMS: 0.10185

Error: 0.0129 gl: 34

Dosis	Medias	n		
D3	28.00%	15	A	
D4	32.00%	15	A	
D2	36.00%	15	A	B
D1	43.00%	17		B

Letras distintas indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$)

Cuadro 35A. Evaluación de épocas de aplicación y diferentes dosis de Ethephon en la variedad CP 88-1165, finca Miraflores. Altura (mts) de caña de azúcar (*Saccharum* spp.). Muestreo realizado en enero del 2009, tomando 5 tallos con y 5 tallos sin flor.

	Con flor	Sin flor	Con flor	Sin flor	Con flor	Sin flor	Con flor	Sin flor	Con flor	Sin flor
	D1		D2		D3		D4		Promedio	
T	2.72	2.68	2.72	2.67	2.73	2.63	2.70	2.53	2.72	2.63
EP2	2.79	2.47	2.77	2.64	2.97	2.91	2.82	2.61	2.84	2.66
EP3	2.77	2.79	2.71	2.75	2.63	2.72	2.89	2.67	2.75	2.73
EP4	2.92	2.87	2.83	2.82	2.90	2.62	2.82	2.80	2.87	2.78
Promedio	2.80	2.70	2.76	2.72	2.81	2.72	2.81	2.65		

Cuadro 36A. ANDEVA para la variable altura de caña con flor, ensayo aplicación de Ethephon para inhibición de flor en caña de azúcar.

FV	GL	SC	CM	F C	p-Valor
Modelo	27	1	0.04	1.27	0.2537
Época	3	0.2	0.07	2.33	0.0917
dosis	3	0.01	3.00E -03	0.1	0.9579
bloque	3	0.16	0.05	1.81	0.1647
Época*dosis	9	0.33	0.04	1.26	0.2951
Época*bloque	9	0.30	0.03	1.14	0.3661
Error	37	0.99	0.03		
Total	61	1.99			

CV (%) = 6.13

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; SC= Sumatoria de cuadrados; CM= Cuadrado medio; FC= F calculada;

CV= Coeficiente de variación.

Cuadro 37A. ANDEVA para la variable altura de caña sin flor, ensayo aplicación de Ethephon para inhibición de flor en caña de azúcar.

FV	GL	SC	CM	FC	p-Valor
Modelo	27	2.26	0.08	2.06	0.0236
Época	3	0.21	0.07	1.74	0.1774
dosis	3	0.06	0.02	0.53	0.6634
bloque	3	0.7	0.23	5.71	0.0028
Época*dosis	9	0.54	0.06	1.47	0.1989
Época*bloque	9	0.75	0.08	2.05	0.064
Error	34	1.38	0.04		
Total	61	3.64			

CV (%) = 7.45

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; SC= Sumatoria de cuadrados; CM= Cuadrado medio; FC= F calculada;

CV= Coeficiente de variación.

Cuadro 38A. Evaluación de épocas de aplicación y diferentes dosis de Ethephon en la variedad CP 88-1165, finca Miraflores. Diámetro (cms) de caña de azúcar (*Saccharum* spp.). Muestreo realizado en enero del 2009, tomando 5 tallos con y 5 tallos sin flor.

	Con flor Sin flor		Con flor Sin flor		Con flor Sin flor		Con flor Sin flor		Con flor Sin flor	
	D1		D2		D3		D4		Promedio	
T	2.65	2.35	2.58	2.30	2.56	2.20	2.53	2.31	2.58	2.29
EP2	2.54	2.07	2.50	2.11	2.68	2.42	2.52	2.38	2.56	2.24
EP3	2.60	2.47	2.65	2.32	2.44	2.41	2.64	2.37	2.58	2.39
EP4	2.53	2.31	2.49	3.28	2.65	2.46	2.62	2.43	2.57	2.62
Promedio	2.58	2.30	2.55	2.50	2.58	2.37	2.58	2.37		

Cuadro 39A. ANDEVA para la variable diámetro de caña con flor, ensayo aplicación de Ethephon para inhibición de flor en caña de azúcar.

FV	GL	SC	CM	FC	p-Valor
Modelo	27	0.59	0.02	0.8	0.7222
Época	3	0.01	4.00E -03	0.15	0.9309
dosis	3	0.07	0.02	0.88	0.4631
bloque	3	0.08	0.03	0.96	0.4217
Época*dosis	9	0.18	0.02	0.74	0.6663
Época*bloque	9	0.24	0.03	0.99	0.4629
Error	34	0.92	0.03		
Total	61	1.51			

CV (%) = 6.42

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; SC= Sumatoria de cuadrados; CM= Cuadrado medio; FC= F calculada;

CV= Coeficiente de variación.

Cuadro 40A. ANDEVA para la variable diámetro de caña sin flor, ensayo aplicación de Ethephon para inhibición de flor en caña de azúcar.

FV	GL	SC	CM	FC	p-Valor
Modelo	27.00	1.49	0.06	1.71	0.0696
Época	3.00	0.31	0.10	3.22	0.0349
dosis	3.00	0.11	0.04	1.10	0.3636
bloque	3.00	0.15	0.05	1.52	0.2270
Época*dosis	9.00	0.47	0.05	1.63	0.1474
Época*bloque	9.00	0.45	0.05	1.56	0.1680
Error	34.00	1.10	0.03		
Total	61.00	2.60			

CV (%) = 7.72

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; SC= Sumatoria de cuadrados; CM= Cuadrado medio; FC= F calculada;

CV= Coeficiente de variación.

Cuadro 41A. Prueba de tukey al 0.05 para la variable diámetro de caña, en las épocas de aplicación.

Test: Tukey Alfa: 0.05 DMS: 0.16116

Error: 0.0324 gl: 34

Época	Medias	n		
EP2	2.24	16	A	
T	2.28	14	A	
EP4	2.40	16	A	B
EP3	2.40	16		B

Letras distintas indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$)

Cuadro 42A. Evaluación de épocas de aplicación y diferentes dosis de Ethephon en la variedad comercial CP 88-1165, finca Miraflores. Porcentaje de corcho por caña con flor y sin flor. Muestreo realizado en enero del 2009, tomando 5 tallos con y 5 tallos sin flor.

	Con flor	Sin flor	Con flor	Sin flor	Con flor	Sin flor	Con flor	Sin flor	Con flor	Sin flor
	D1		D2		D3		D4		Promedio	
T	30.62%	3.78%	49.03%	19.93%	39.46%	15.34%	24.84%	20.86%	35.99%	14.98%
EP2	44.15%	7.15%	31.91%	9.97%	28.98%	19.30%	31.71%	11.12%	34.19%	11.89%
EP3	30.24%	3.67%	34.06%	9.19%	38.58%	9.44%	32.91%	9.32%	33.95%	7.91%
EP4	39.97%	14.53%	32.27%	9.60%	29.90%	8.17%	26.51%	5.45%	32.16%	9.44%
Promedio	36.24%	7.28%	36.82%	12.17%	34.23%	13.06%	28.99%	11.69%		

Cuadro 43A. ANDEVA, transformación arcoseno, para la variable porcentaje de corcho de caña con flor, ensayo aplicación de Ethephon para inhibición de flor en caña de azúcar.

FV	GL	SC	CM	FC	p-Valor
Modelo	27	0.70	0.03	1.71	0.0698
Época	3	0.03	0.01	0.73	0.5406
dosis	3	0.10	0.03	2.10	0.1184
bloque	3	0.36	0.12	7.82	0.0004
Época*dosis	6	0.06	0.01	0.44	0.9061
Época*bloque	9	0.15	0.02	1.14	0.3649
Error	34	0.51	0.02		
Total	61	1.21			

CV (%) = 19.32

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; SC= Sumatoria de cuadrados; CM= Cuadrado medio; FC= F calculada;

CV= Coeficiente de variación.

Cuadro 44A. ANDEVA, transformación arcoseno, para la variable porcentaje de corcho de caña sin flor, ensayo aplicación de Ethephon para inhibición de flor en caña de azúcar.

FV	GL	SC	CM	FC	p-Valor
Modelo	27	1.19	0.04	1.16	0.3359
Época	3	0.14	0.05	1.21	0.3215
dosis	3	0.06	0.02	0.54	0.6602
bloque	3	0.24	0.08	2.14	0.1136
Época*dosis	6	0.32	0.04	0.92	0.5182
Época*bloque	9	0.43	0.05	1.27	0.2884
Error	34	1.29	0.04		
Total	61	2.49			

CV (%) = 69.33

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; SC= Sumatoria de cuadrados; CM= Cuadrado medio; FC= F calculada;

CV= Coeficiente de variación.

Cuadro 45A. Evaluación de épocas de aplicación y diferentes dosis de Ethephon en la variedad CP 88-1165, finca Miraflores. Número de lalas por cañas muestreadas con y sin flor. Muestreo realizado enero del 2009, tomando 5 tallos con flor y 5 tallos sin flor.

	Con flor Sin flor		Con flor Sin flor		Con flor Sin flor		Con flor Sin flor		Con flor Sin flor	
	D1		D2		D3		D4		Promedio	
T	17	0	9	1	15	0	12	1	13.31	0.35
EP2	9	2	11	2	8	0	7	1	8.88	1.00
EP3	4	2	14	0	11	0	14	5	10.75	1.81
EP4	18	1	9	0	15	5	17	3	14.50	2.13
Promedio	12.02	1.13	10.81	0.56	12.25	1.50	12.35	2.10		

Cuadro 46A. ANDEVA transformación $\sqrt{(x+3/8)}$, para la variable número promedio de brotes laterales (lals) de caña con flor, ensayo aplicación de Ethephon para inhibición de flor en caña de azúcar.

FV	GL	SC	CM	FC	p-Valor
Modelo	24	1.88	0.08	1.01	0.4822
Época	3	0.09	0.03	0.38	0.7663
dosis	3	0.22	0.07	0.93	0.4373
bloque	3	0.57	0.19	2.45	0.0792
Época*dosis	6	0.73	0.12	1.55	0.1880
Época*bloque	9	0.28	0.03	0.40	0.9289
Error	37	2.88	0.08		
Total	61	4.75			

CV (%) = 36.14

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; SC= Sumatoria de cuadrados; CM= Cuadrado medio; FC= F calculada;

CV= Coeficiente de variación.

Cuadro 47A. ANDEVA transformación $\sqrt{(x+3/8)}$, para la variable número de brotes laterales (lals) de caña sin flor, ensayo aplicación de Ethephon para inhibición de flor en caña de azúcar.

FV	GL	SC	CM	FC	p-Valor
Modelo	24	6.32	0.26	1.46	0.1488
Época	3	1.36	0.45	2.50	0.0745
dosis	3	0.12	0.04	0.22	0.8842
bloque	3	0.51	0.17	0.94	0.4290
Época*dosis	6	2.03	0.34	1.87	0.1116
Época*bloque	9	2.30	0.26	1.41	0.2183
Error	37	6.69	0.18		
Total	61	13.01			

CV (%) = 26.72

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; SC= Sumatoria de cuadrados; CM= Cuadrado medio; FC= F calculada;

CV= Coeficiente de variación.

Cuadro 48A. ANDEVA para la variable toneladas métricas de caña por hectárea ($Tm.ha^{-1}$), ensayo aplicación de Ethephon para inhibición de flor en caña de azúcar.

FV	GL	SC	CM	FC	p-Valor
Modelo	23	7839.3	340.84	2.43	0.0086
Época	3	1024.26	341.42	2.44	0.081
dosis	3	577.52	192.51	1.37	0.2669
bloque	3	4447.77	1482.59	10.58	<0.0001
Época*dosis	6	343.39	57.23	0.41	0.8684
Época*bloque	8	1446.36	180.79	1.29	0.2804
Error	35	4905.28	140.15		
Total	58	12744.58			

CV (%) = 26.72

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; SC= Sumatoria de cuadrados; CM= Cuadrado medio; FC= F calculada;

CV= Coeficiente de variación.

Cuadro 49A. ANDEVA para la variable libras de azúcar por tonelada métrica de caña, ensayo aplicación de Ethepon para inhibición de flor en caña de azúcar.

FV	GL	SC	CM	FC	p-Valor
Modelo	23	58837.56	2558.15	1.27	0.2555
Época	3	11173.37	3724.46	1.85	0.1561
dosis	3	3911.71	1303.9	0.65	0.5902
bloque	3	31595.03	10531.68	5.22	0.0043
Época*dosis	6	5471.32	911.89	0.45	0.8386
Época*bloque	8	6686.12	835.77	0.41	0.9047
Error	36	72594.40	2016.51		
Total	59	131431.96			

CV (%) = 12.8

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; SC= Sumatoria de cuadrados; CM= Cuadrado medio; FC= F calculada; CV= Coeficiente de variación.

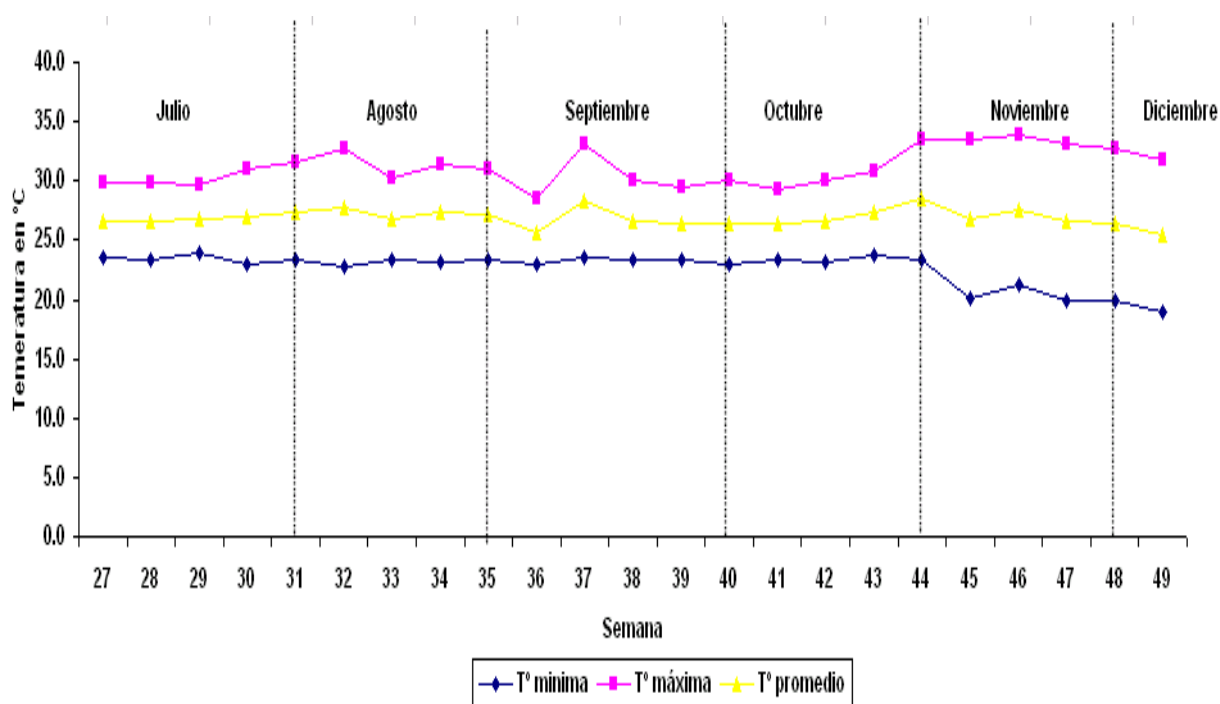


Figura 18A. Comportamiento de las temperaturas mínima, promedio y máxima, registro semanal para el año 2,008. Departamento de Investigación Agrícola.

Fuente: Estación meteorológica de finca San Patricio.

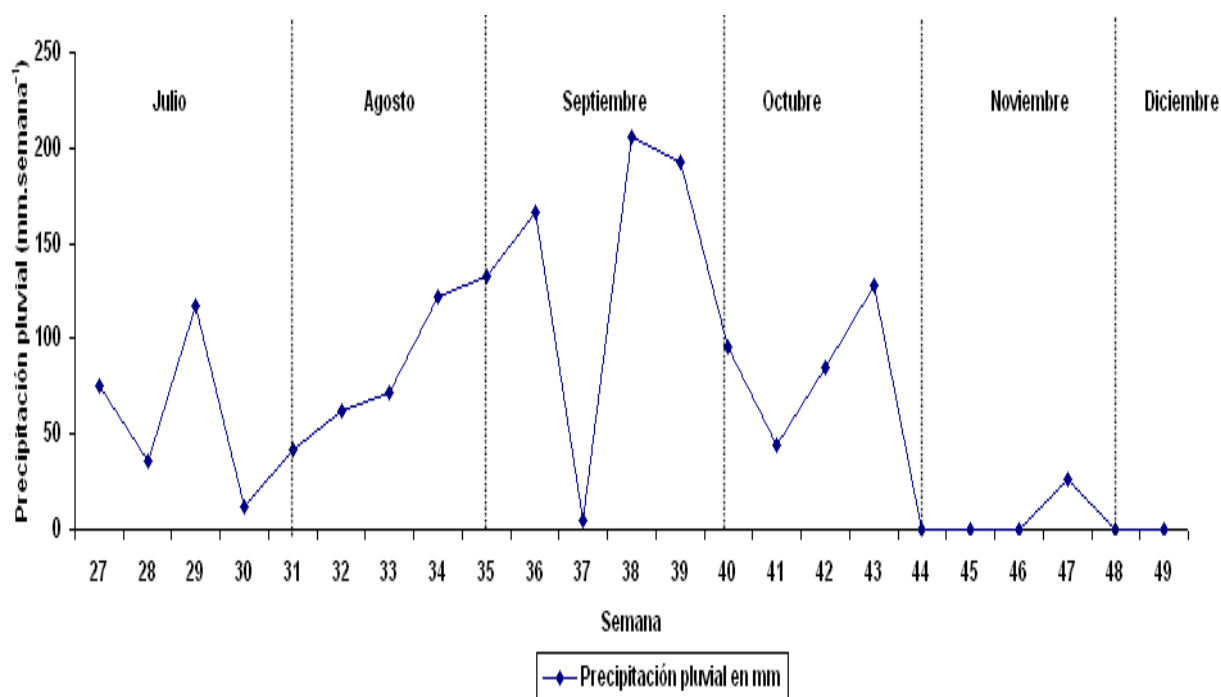


Figura 19A. Comportamiento semanal de la precipitación pluvial (mm), registro semanal para el año 2,008. Departamento de Investigación Agrícola.

Fuente: Estación meteorológica de finca San Patricio.

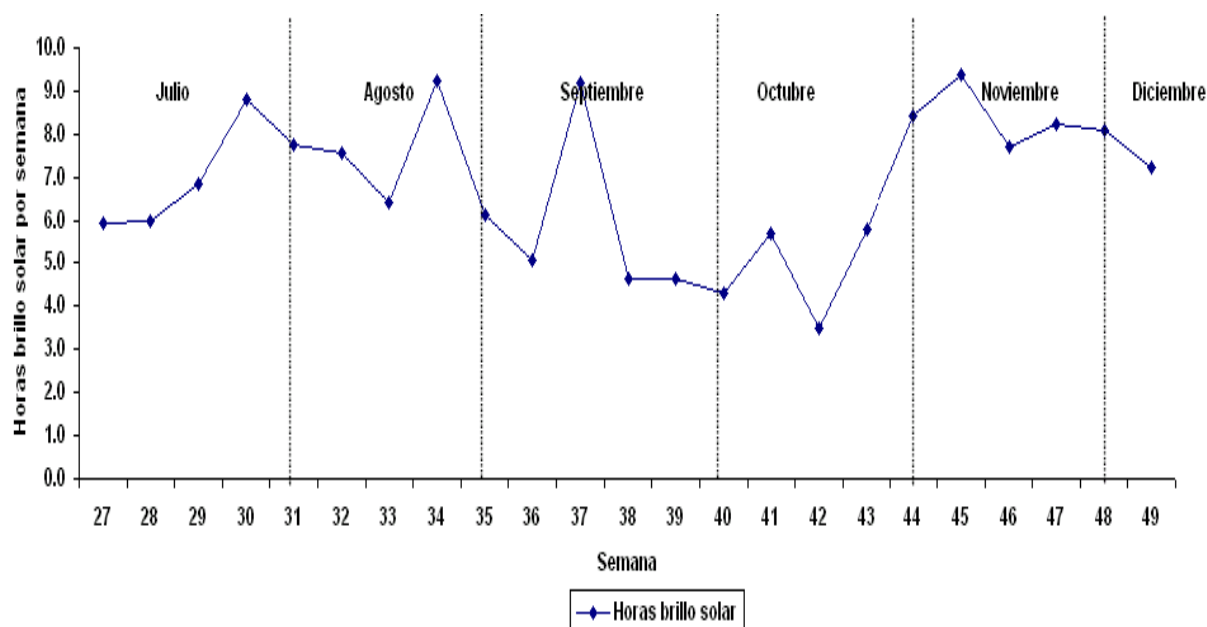


Figura 20A. Comportamiento del brillo solar, registro semanal para el año 2,008. Departamento de Investigación Agrícola.

Fuente: Estación meteorológica de finca San Patricio.

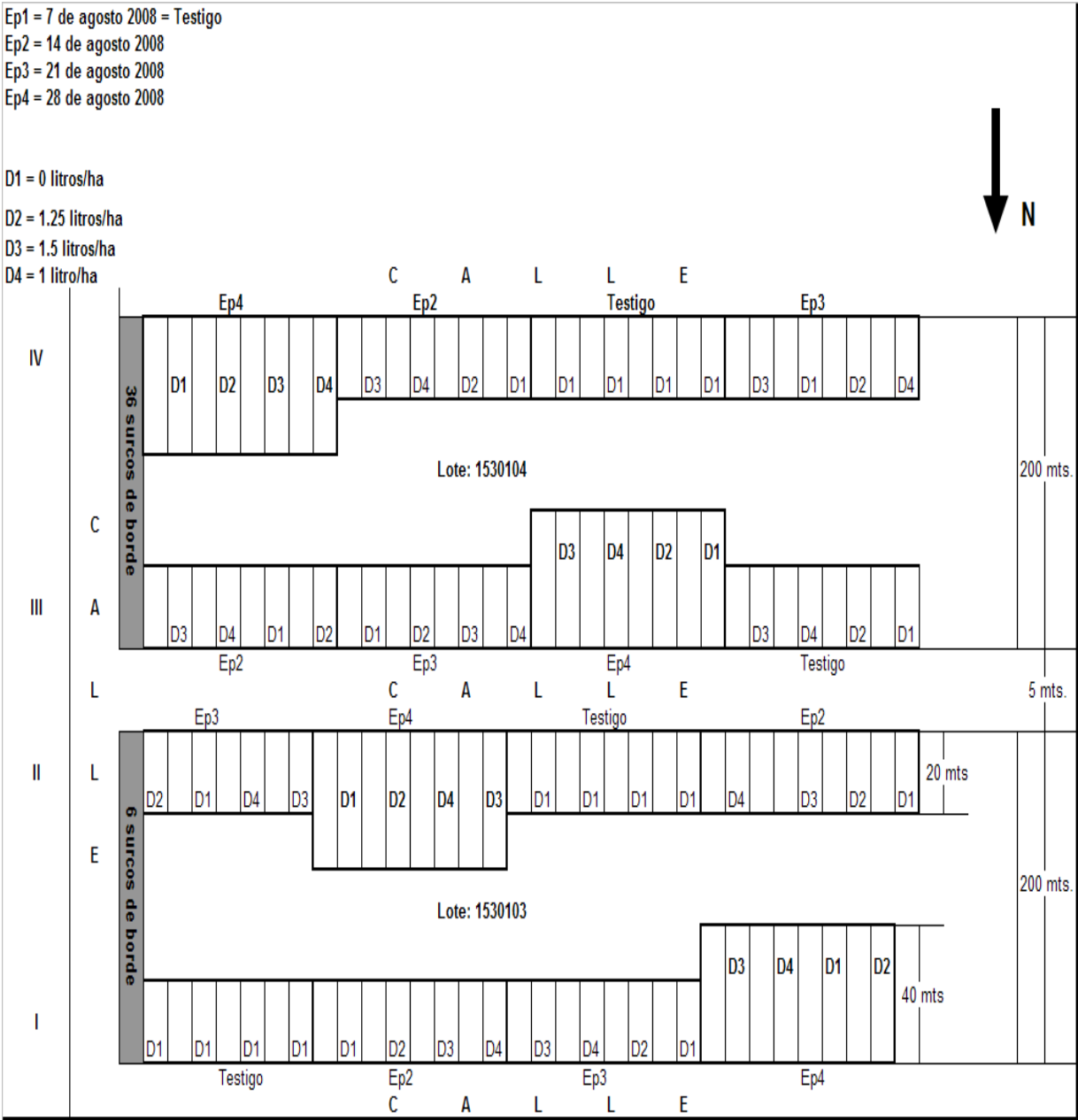


Figura 21A. Croquis del ensayo, dosis y épocas de aplicación de Ethephon en la variedad de caña de azúcar CP 88-1165 en finca Miraflores.